

# Kết nối PLC S7-1200 và S7-1500 qua điện toán đám mây

MQTT

Siemens  
Industry  
Online  
Support



## MỤC LỤC

<b>1. GIỚI THIỆU .....</b>	<b>1</b>
1.1. Tổng quan .....	1
1.2. Các thành phần được sử dụng .....	2
<b>2. GIAO THỨC MQTT VÀ THƯ VIỆN MQTT CLIENT .....</b>	<b>3</b>
2.1. Cơ bản về giao thức MQTT .....	3
2.1.1. Các thuật ngữ quan trọng .....	3
2.1.2. Tiêu chuẩn và kiến trúc .....	4
2.1.3. Tính năng.....	5
2.1.4. Gói điều khiển MQTT .....	7
2.2. Thư viện MQTT Client .....	10
2.2.1. Thư viện LMqtt/ LMqttQdn_Publish_Unsecure .....	10
2.2.1.1. Các kiểu dữ liệu mới.....	10
2.2.1.2. Giao diện của khối FB.....	13
2.2.2. Thư viện LMqtt/ LMqttQdn_Publish_Secure .....	15
2.2.2.1. Các kiểu dữ liệu mới.....	15
2.2.2.2. Giao diện của khối FB.....	15
2.2.3. Thư viện MQTT Client .....	15
2.2.3.1. Các kiểu dữ liệu mới.....	16
2.2.3.2. Giao diện của khối FB.....	17
<b>3. TÍCH HỢP THƯ VIỆN MQTT VÀO DỰ ÁN BẰNG TIA PORTAL.....</b>	<b>20</b>
3.1. Tích hợp thư viện LMqtt/ LMqttQdn_Publish_Unsecure cho PLC S7-1200/ S7-1500 .....	20
3.2. Tích hợp thư viện LMqtt/ LMqttQdn_Publish_Secure cho PLC S7-1500 .....	23
3.2.1. Liên kết thư viện và cấu hình cơ bản .....	23
3.2.2. Thiết lập chức năng bảo mật .....	27
3.3. Tích hợp thư viện MQTT Client cho PLC S7-1200/ S7-1500.....	33
3.3.1. Liên kết thư viện và cấu hình cơ bản .....	33
3.3.2. Thiết lập chức năng bảo mật .....	36
<b>4. TÀI LIỆU THAM KHẢO VÀ LIÊN KẾT .....</b>	<b>43</b>

## DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1: Cấu trúc MQTT.....	5
Hình 2.2: Cấu trúc gói SUBSCRIBE.....	9
Hình 2.3: Cấu trúc gói SUBACK.....	9
Hình 2.4: Cấu trúc gói UNSUBSCRIBE.....	10
Hình 2.5: Khối chức năng LMqtt_Publisher .....	13
Hình 2.6: Khối chức năng MQTT_Client .....	17
Hình 3.1: Cấu hình Ethernet cho PLC .....	20
Hình 3.2: Cấu hình DNS cho PLC .....	20
Hình 3.3 Global library trong TIA Portal.....	21
Hình 3.4: Thư viện LMqtt_Unsecure.....	21
Hình 3.5: Cấu hình các tham số của LMqtt_Publisher_DB.....	22
Hình 3.6: Cấu hình các tham số của LMqtt_PublisherQDB_DB .....	23
Hình 3.7: Cấu hình Ethernet cho PLC .....	24
Hình 3.8: Cấu hình DNS cho PLC .....	24
Hình 3.9: Global library trong TIA Portal.....	25
Hình 3.10: Thư viện LMqtt_Secure .....	25
Hình 3.11: Cấu hình các tham số của LMqtt_Publisher_DB.....	26
Hình 3.12: Kích hoạt global security settings.....	27
Hình 3.13: Tạo tài khoản đăng nhập dự án.....	28
Hình 3.14: Bảng “Trusted certificates and root certificates” .....	28
Hình 3.15: Nhập chứng chỉ của broker vào Certificate manager.....	29
Hình 3.16: Thêm chứng chỉ của broker vào PLC .....	30
Hình 3.17: Cấu hình data block LMqtt_Publisher_DB của thư viện secure .....	31
Hình 3.18: Thêm chứng chỉ của MQTT client vào PLC .....	32
Hình 3.19: Thêm ID chứng chỉ của MQTT client vào data block LMqtt_Publisher_DB.....	32
Hình 3.20: Cấu hình Ethernet cho PLC .....	33
Hình 3.21: Global library trong TIA Portal.....	34
Hình 3.22: Thư viện MQTT Client.....	34
Hình 3.23: Cấu hình FB MQTT_Client trong OB1 .....	35
Hình 3.24: Cấu hình MQTT_Client_DB .....	35
Hình 3.25: Cấu hình MqttControlPacket.....	36

Hình 3.26: Kích hoạt global security settings .....	37
Hình 3.27: Tạo tài khoản đăng nhập dự án.....	38
Hình 3.28: Bảng “Trusted certificates and root certificates” .....	38
Hình 3.29: Nhập chứng chỉ của broker vào Certificate manager.....	39
Hình 3.30: Thêm chứng chỉ của broker vào PLC .....	40
Hình 3.31: Thêm ID chứng chỉ của broker trong data block MQTT_Client_DB .....	41
Hình 3.32: Thêm chứng chỉ MQTT Client vào PLC.....	41
Hình 3.33: Thêm ID chứng chỉ của MQTT Client vào data block MQTT_Client_DB.....	42

# 1. GIỚI THIỆU

## 1.1. Tổng quan

### ❖ Số hoá trong công nghiệp

Số hoá trong công nghiệp là một quá trình tất yếu trong nền sản xuất hiện đại và có tác động to lớn đến kinh tế và đời sống xã hội. “Internet of Things” hay “IoT” chính là điều kiện tiên quyết cho quá trình số hoá, gắn liền với một trong những xu hướng lớn nhất hiện nay trong lĩnh vực công nghiệp: Gia tăng các thiết bị, máy móc và sản phẩm gắn liền với tự động và mạng.

PLC là thiết bị điều khiển phổ biến trong các nhà máy hiện nay tại Việt Nam cũng như trên thế giới. Việc kết nối PLC với mạng internet, mà cụ thể là dịch vụ điện toán đám mây là con đường nhanh nhất và khả thi nhất cho quá trình số hoá diễn ra. Đối với các dòng PLC của hãng Siemens, có hai cách để kết nối với dịch vụ điện toán đám mây:

- Kết nối PLC S7-1500 với Mindsphere (nền tảng điện toán đám mây của Siemens, mới được ra mắt chính thức tại Việt Nam vào năm 2018).
- Kết nối PLC S7-300, S7-1200 và S7-1500 với dịch vụ điện toán đám mây thông qua giao thức “Message Queue Telemetry Transport” (viết tắt là “MQTT”).

MQTT là giao thức truyền thông được sử dụng phổ biến trong lĩnh vực IoT. Đây là giao thức hoàn toàn miễn phí, có cộng đồng hỗ trợ lớn mạnh và đang là xu hướng mới trong lĩnh vực tự động thế giới.

### ❖ Tổng quan về giao thức MQTT

MQTT là giao thức đăng kí và gửi được tích hợp đơn giản ở cấp TCP/IP. Giao thức này phù hợp cho việc gửi và nhận tin nhắn giữa các thiết bị chức năng thấp và những hệ thống mạng không tin cậy, băng thông thấp, độ trễ cao. MQTT là giao thức chính được Facebook sử dụng trong Facebook Messenger. Với đặc tính trên, MQTT đã và đang đóng vai trò quan trọng trong IoT và giao tiếp Machine- to- Machine (M2M).

### ❖ Những tính năng của MQTT

Các tính năng nổi bật của MQTT như sau:

- Giao thức gọn nhẹ với chi phí vận chuyển thấp.
- Ít tổn băng thông mạng thông qua cơ chế đẩy.
- Chức năng kết nối lại sau khi kết thúc kết nối.
- Gửi lại tin nhắn sau khi bị ngắt kết nối.
- Cơ chế thông báo cho các bên liên quan về việc huỷ kết nối từ một trạm (client) không rõ nguồn.
- Dễ dàng thực hiện và sử dụng do tập lệnh ít.
- Đảm bảo chất lượng (mức QoS) với các cấp đảm bảo độ tin cậy phân phát tin nhắn khác nhau.
- Có thể tùy chọn mã hoá tin nhắn với SSL/TLS.
- Xác thực phía gửi và phía đăng kí bằng tên đăng nhập và mật khẩu.

Việc chuyển hoá từ nền sản xuất truyền thống sang nền sản xuất hiện đại mà nền tảng là dịch vụ điện toán đám mây ở Việt Nam vẫn còn nhiều hạn chế.

## 1.2. Các thành phần được sử dụng

Các ví dụ minh hoạ được thực hiện bằng các phần cứng và phần mềm sau:

Thành phần	Số lượng	Mã vạch	Ghi chú
CPU 1513-1 PN	1	6ES7 513-1AL01-0AB0	Có thể dùng các CPU 1500 khác
CPU 1214C DC/DC/DC	1	6ES7 214-1AG40-0XB0	Có thể dùng các CPU 1200 khác với firmware từ 4.0 trở lên
TIA Portal V15	-	-	
MQTT broker	-	-	Broker riêng được tạo trên cloud cá nhân

## 2. GIAO THỨC MQTT VÀ THƯ VIỆN MQTT CLIENT

### 2.1. Cơ bản về giao thức MQTT

#### 2.1.1. Các thuật ngữ quan trọng

##### ❖ MQTT message

Một tin nhắn với giao thức MQTT bao gồm các phần sau:

- Chủ đề xác định (“Topic”).
- Cấp độ chất lượng dịch vụ (“Quality of Service”).
- Nội dung tin nhắn.

##### ❖ MQTT client

MQTT client là một chương trình hoặc một thiết bị sử dụng giao thức MQTT. Client luôn chủ động thiết lập kết nối đến broker. Một client có thể thực hiện các chức năng sau:

- Gửi tin nhắn với chủ đề xác định (“Topic”) đến broker (cơ chế gửi – Publish).
- Đăng kí tin nhắn của một chủ đề xác định tại broker (cơ chế đăng kí – Subscriber).
- Tự hủy đăng kí một chủ đề đã đăng kí trước đó.
- Ngắt kết nối với broker.

##### ❖ MQTT broker

MQTT broker là thành phần trung tâm của giao thức MQTT, có thể là một chương trình hoặc thiết bị. Broker đóng với trò là người trung gian giữa MQTT client gửi và MQTT client đăng kí. MQTT broker quản lí những chủ đề (“Topic”) bao gồm các tin nhắn chứa trong đó và điều chỉnh quyền truy cập chủ đề. Những chức năng cơ bản của broker như sau:

- Chấp nhận hoặc từ chối kết nối từ client.
- Nhận tin nhắn từ MQTT client.
- Chỉnh sửa yêu cầu đăng kí từ MQTT client.
- Chuyển tiếp tin nhắn đến các client đã đăng kí trước đó.



### ❖ Chủ đề (“Topic”)

Các tin nhắn MQTT được tổ chức theo các chủ đề. Muốn nhận được tin nhắn, các client phải đăng kí đúng chủ đề (cơ chế subscriber). Người gửi tin nhắn (cơ chế publisher) có trách nhiệm định nghĩa tên chủ đề và nội dung khi gửi tin nhắn. Broker có trách nhiệm phân phát tin nhắn đến các subscriber theo đúng chủ đề đã đăng kí.

## 2.1.2. Tiêu chuẩn và kiến trúc

### ❖ Tiêu chuẩn ISO

MQTT vận hành trên các cổng (port) truy cập khác nhau, phụ thuộc vào giao thức bảo mật được sử dụng. Các cổng được cung cấp là:

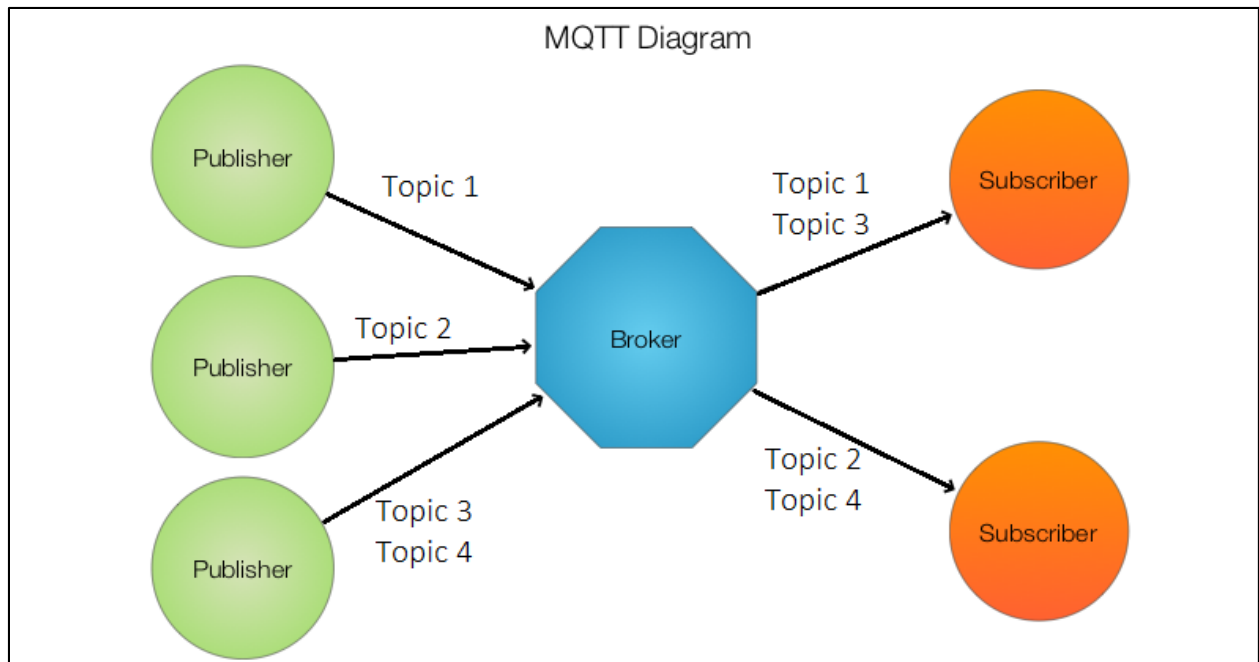
- 1883: MQTT, không mã hoá.
- 8883: MQTT, mã hoá.
- 8884: MQTT, mã hoá, yêu cầu chứng chỉ client.
- 8080: MQTT thông qua WebSockets, không mã hoá.
- 8081: MQTT thông qua WebSockets, mã hoá.

### ❖ Kiến trúc

MQTT là giao thức gửi và đăng kí. Giao thức này tách riêng client gửi tin nhắn (publisher) và client nhận tin nhắn (subscriber). Điều này có nghĩa là “publisher” sẽ không biết gì về sự tồn tại của “subscriber” và ngược lại.

Thành phần thứ ba trong kiến trúc MQTT là MQTT broker. MQTT broker đóng vai trò là người trung gian giữa “publisher” và “subscriber”. Broker điều khiển việc kết nối của của client.





Hình 2.1: Cấu trúc MQTT

### 2.1.3. Tính năng

MQTT cung cấp các tính năng hữu ích sau:

#### ❖ Quality of Service (QoS)

MQTT cung cấp ba cấp độ đảm bảo chất lượng truyền tin nhắn:

- QoS "0": Cấp độ thấp nhất là 0, không đảm bảo tin nhắn sẽ đến.
- QoS "1": Cấp độ 1 đảm bảo rằng tin nhắn kết thúc nằm trong hàng đợi chủ đề ít nhất một lần. Broker xác nhận đã nhận được tin nhắn.
- QoS "2": Cấp độ cao nhất, bằng cách bắt tay nhiều lần với client, broker đảm bảo rằng tin nhắn được gửi chính xác một lần.

#### ❖ Last will

MQTT hỗ trợ tính năng "Last Will and Testament". Tính năng này được sử dụng để thông báo những client khác nếu kết nối đến một client bị ngắt ngẫu nhiên.

Mỗi client có thể chỉ định “last will” của riêng mình trong khi kết nối đến broker. “Last will” có cấu trúc giống như một tin nhắn MQTT thông thường, bao gồm chủ đề, QoS và nội dung. Broker lưu trữ các “last will”. Ngay khi broker nhận ra kết nối với client bị ngắt đột ngột, broker sẽ gửi “last will” như một tin nhắn MQTT đến tất cả subscriber đã đăng ký chủ đề đó để các subscriber được biết.

#### ❖ **KeepAlive:**

Tính năng KeepAlive đảm bảo rằng kết nối vẫn được mở và client được kết nối đến broker.

Với KeepAlive, client định nghĩa một khoảng thời gian và thông báo với broker trong quá trình thiết lập kết nối. Đây là khoảng thời gian lớn nhất client và broker có thể duy trì kết nối mà không cần tương tác. Nếu vượt quá thời gian đó, broker sẽ tự ngắt kết nối với client.

Nếu client liên tục gửi tin nhắn đến broker với chu kỳ nhỏ hơn thời gian KeepAlive thì client không cần làm gì để duy trì kết nối. Tuy nhiên, nếu client không gửi bất kỳ tin nhắn nào trong khoảng thời gian KeepAlive thì phải ping đến broker trước khi thời gian hết hạn.

Khi một tin nhắn hoặc lệnh ping được gửi đến broker, đồng hồ đếm KeepAlive sẽ được đặt lại.

#### **Lưu ý:**

- Giá trị KeepAlive lớn nhất là 18 giờ 12 phút 15 giây.
- Khi thời gian KeepAlive được đặt là “0”, cơ chế KeepAlive bị vô hiệu.

#### ❖ **Message persistence:**

Nếu kết nối đến client bị gián đoạn, broker có thể lưu trữ các tin nhắn mới để phân phát cho client này sau.

#### ❖ **Retained messages**

Lần đầu tiên một client đăng ký một topic, nó thường chỉ nhận được tin nhắn sau khi một client khác gửi tin nhắn đến chủ đề được đăng ký. Với chức năng “Retained messages”, subscriber sẽ lập tức nhận được giá trị cuối cùng được gửi đến chủ đề đó, ngay khi nó đăng ký chủ đề với broker.

### 2.1.4. Gói điều khiển MQTT

Hầu hết các gói điều khiển MQTT làm việc theo thủ tục bắt tay. MQTT client luôn chủ động yêu cầu broker và broker xác nhận yêu cầu từ client.

Gói điều khiển MQTT có cấu trúc cố định. Cấu trúc của một gói tin được thể hiện trong sơ đồ bên dưới:

<b>Fixed header</b> Bắt buộc cho tất cả các gói tin
<b>Variable header</b> Bắt buộc cho một vài gói tin
<b>Payload</b> Bắt buộc cho tất cả các gói tin

Trường “Fixed header” luôn chứa các thành phần sau:

- Số nhận dạng cho loại gói điều khiển MQTT.
- Khu vực cho các cờ, nếu không có cờ nào được sử dụng thì các bit sẽ được đánh dấu là dự trữ.
- Số byte của các thành phần sau “Fixed header”.

Trường “Variable header” chỉ bắt buộc cho một vài gói điều khiển. Nội dung của trường này phụ thuộc vào loại gói điều khiển.

Trường “Payload” bắt buộc cho tất cả các gói điều khiển. Nội dung của trường này phụ thuộc vào loại gói điều khiển. Với mỗi loại gói điều khiển sẽ có các quy tắc về nội dung và thứ tự mà trường “Payload” được điền.

**Một số gói điều khiển thông dụng:**

- **MQTT Connection (gói kết nối MQTT)**

Gói này luôn được thực hiện giữa client và broker. MQTT không cho phép các client kết nối trực tiếp với nhau (client – client). Kết nối sẽ được khởi tạo bởi client ngay khi nó gửi gói “CONNECT” đến broker. Nếu broker đồng ý sẽ gửi gói “CONNACK” và mã trạng thái.

Broker sẽ lập tức đóng kết nối trong các trường hợp sau:

- Gói “CONNECT” bị lỗi.
- Cấu trúc của gói “CONNECT” không thoả yêu cầu.
- Kết nối quá lâu (time-out).

Gói “CONNECT” có chứa khu vực dành cho các cờ trong trường “Variable header”. Byte này chứa các tham số xác định hành vi của kết nối MQTT. Ngoài ra nó cũng cho thấy các thành phần tùy chọn có được sử dụng trong trường “Payload” hay không (tên đăng nhập, mật khẩu, last will,...).

Trong trường “Payload” có các thành phần bắt buộc như sau:

- “ClientID”: Được broker dùng để phân biệt các client với nhau. Nếu để trống trường này sẽ không thể kết nối vào broker được.
- “CleanSession”: Xác định loại kết nối.
- KeepAlive: Xác định thời gian mà client bắt buộc phải tương tác với broker (bằng cách gửi tin nhắn hoặc thực hiện lệnh PING). Nếu client không tương tác với broker trong khoảng thời gian này thì broker sẽ ngắt kết nối với client.

#### ○ **Cơ chế gửi**

Client có thể gửi tin nhắn đến broker ngay sau khi kết nối thành công vào broker. Việc gửi tin nhắn được thực hiện thông qua gói “PUBLISH”. Do MQTT quản lý các tin nhắn theo chủ đề nên trong gói “PUBLISH” bắt buộc phải có chủ đề. Chủ đề nằm ở trường “Variable header” và nội dung tin nhắn sẽ nằm ở trường “Payload”.

Cơ chế đẩy sẽ kết thúc hoặc sẽ gửi gói xác nhận tùy thuộc vào thiết lập QoS:

- Nếu QoS là “0”, quá trình gửi kết thúc mà không có bất cứ thông tin gì xác nhận.
- Nếu QoS là “1”, broker xác nhận gói “PUBLISH” bằng gói “PUBACK”.
- Nếu QoS là “2”, broker xác nhận gói “PUBLISH” bằng gói “PUBREC”. Client sẽ xác nhận lại bằng gói “PUBREL”. Sau đó broker hoàn tất quá trình bắt tay bằng cách gửi gói “PUBCOM”.

#### ○ **Cơ chế PING MQTT**

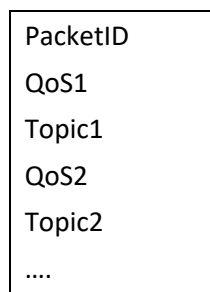
Nếu chức năng KeepAlive được kích hoạt (thời gian KeepAlive lớn hơn 0), client phải gửi đến broker ít nhất một tin nhắn trong khoảng thời gian này, nếu không broker sẽ ngắt kết nối với client. Để tránh việc

ngắt kết nối, client phải gửi lệnh “PING” đến broker trước khi thời gian hết hạn. Việc này được client thực hiện bằng gói “PINGREQ” và sẽ được broker xác nhận bằng gói “PINGRESP”.

Lưu ý: Với thư viện MQTT được sử dụng trong ví dụ này, nếu chức năng KeepAlive được bật thì thời gian KeepAlive phải lớn hơn 2 giây.

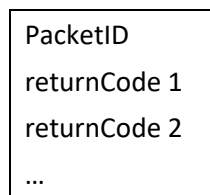
#### ○ Cơ chế đăng kí

Để nhận được tin nhắn ở chủ đề quan tâm, client gửi gói “SUBSCRIBE” đến broker. Cấu trúc của gói tin này bao gồm chỉ số gói và danh sách các chủ đề đăng kí.



Hình 2.2: Cấu trúc gói SUBSCRIBE

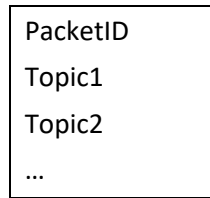
Broker nhận được yêu cầu đăng kí sẽ xác nhận bằng gói “SUBACK”. Gói tin này bao gồm chỉ số gói (trùng với chỉ số của gói đăng kí” và danh sách các code trạng thái.



Hình 2.3: Cấu trúc gói SUBACK

#### ○ Cơ chế huỷ đăng kí

Để ngừng nhận tin nhắn từ một chủ đề đã đăng kí trước đó, client sẽ gửi gói “UNSUBSCRIBE” đến broker. Cấu trúc của gói tin này tương tự như gói “SUBSCRIBE”, cũng bao gồm chỉ số gói và danh sách các chủ đề muốn huỷ đăng kí.



Hình 2.4: Cấu trúc gói UNSUBSCRIBE

Để xác nhận yêu cầu hủy đăng kí, broker gửi gói “UNSUBACK” đến client. Gói tin này chỉ có chỉ số gói (trùng với chỉ số của gói “UNSUBSCRIBE”). Sau khi nhận gói “UNSUBACK”, client sẽ xác nhận được rằng các gói đăng kí đã bị hủy.

- **MQTT disconnection (ngắt kết nối MQTT)**

Client có thể chủ động ngắt kết nối đến broker bằng cách gửi gói “DISCONNECT”. Broker sau đó sẽ xoá tất cả thông tin “Last Will and Testament” và sẽ ngừng gửi tin nhắn của những chủ đề mà client đã đăng kí.

## 2.2. Thư viện MQTT Client

### 2.2.1. Thư viện LMqtt/ LMqttQdn\_Publish\_Unsecure

Đây là thư viện chính thức của Siemens, có chức năng gửi tin nhắn đến broker không bảo mật theo giao thức MQTT. Điểm khác biệt duy nhất giữa thư viện này là:

- LMqtt\_Publish\_Unsecure: Địa chỉ broker dạng IP.
- LMqttQdn\_Publish\_Unsecure: Địa chỉ broker dạng https.

#### 2.2.1.1. Các kiểu dữ liệu mới

Để cấu trúc dữ liệu một cách thuận tiện, các kiểu dữ liệu mới được tạo ra và sử dụng trong chương trình.

- “typeTcpConnParam”.
- “typeMqttParam”, được chia thành:
  - “typeMqttConnectFlags”.
  - “typeMqttPublishFlags”.

## Kiểu dữ liệu “typeTcpConnParam”

Kiểu dữ liệu này lưu trữ tất cả thông tin cần thiết để thiết lập kết nối TCP.

Bảng bên dưới mô tả các tham số của SIMATIC S7-1500/ SIMATIC S7-1200:

Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
hwIdentifier	HW_ANY	HW ID của giao tiếp PROFINET của CPU
connectionID	CONN_OUC	ID của kết nối TCP
ipAdressBroker	Array[0..3] of BYTE	Địa chỉ IP của broker. Ví dụ địa chỉ IP là 192.168.0.1 ipAddressBroker[0]: 192 ipAddressBroker[1]: 168 ipAddressBroker[2]: 0 ipAddressBroker[3]: 1
localPort	UINT	Cổng nội bộ của CPU
mqttPort	UINT	Cổng kết nối của MQTT broker

Lưu ý:

Nếu sử dụng thư viện “LMqttQdn”, thay tham số “ipAddressBroker” bằng tham số “qdnAddressBroker”.

Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
qdnAddressBroker	String[254]	Địa chỉ domain của broker. <b>Lưu ý:</b> Phải thêm kí tự “.” vào cuối tên domain của broker. Ví dụ: “test.mosquitto.org.”

## Kiểu dữ liệu “typeMqttParam”

Kiểu dữ liệu này bao gồm tất cả các thông tin về MQTT.

- Các cờ để kết nối.
- Các cờ để gửi tin nhắn.
- Thông tin đăng nhập broker.
- Chủ đề.
- Nội dung tin nhắn.



Để thuận tiện cho việc quản lí, kiểu dữ liệu này được tách ra làm hai kiểu dữ liệu con:

- “typeMqttConnectFlags” chứa các cờ để kết nối với broker.

Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
cleanSession	BOOL	Nếu là “True” thì tất cả dữ liệu của phiên làm việc trước sẽ bị xoá
Will	BOOL	Kích hoạt tính năng “Last Will and Testament”
willQoS_1	BOOL	“True” nếu QoS cho last will là cấp 1
willQoS_2	BOOL	“True” nếu QoS cho last will là cấp 2
willRetain	BOOL	Nếu là “True” thì last will sẽ được lưu ngay khi nó được gửi
password	BOOL	“True” nếu broker yêu cầu thông tin đăng nhập của client
username	BOOL	“True” nếu broker yêu cầu thông tin đăng nhập

- “typeMqttPublishFlags” chứa các cờ cho tin nhắn MQTT.

Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
qualityOfService	INT	Xác định cấp QoS cho tin nhắn MQTT. Các giá trị hợp lệ là <ul style="list-style-type: none"> <li>○ “0”: QoS cấp 0</li> <li>○ “1”: QoS cấp 1</li> <li>○ “2”: QoS cấp 2</li> </ul>
Retain	BOOL	Nếu là “True” thì tin nhắn sẽ được lưu tại broker

- Các tham số khác của kiểu dữ liệu “typeMqttParam”

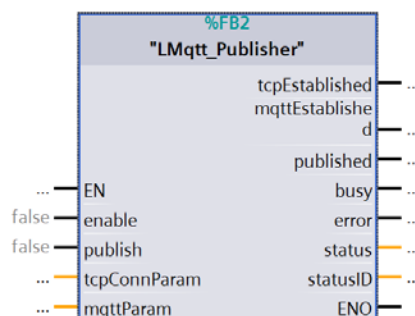
Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
keepAlive	WORD	Thời gian KeepAlive, tính bằng giây và định dạng số hex. Nếu giá trị là “0” sẽ tắt tính năng KeepAlive. Giá trị lớn nhất cho phép là 18 giờ 12 phút 15 giây
packetIdentifier	WORD	Giá trị bắt đầu của số thứ tự gói. Số thứ tự gói sẽ được chương trình tự động tăng
clientIdIdentifier	String [23]	Tên của client, dùng để phân biệt các client tại broker khi kết nối thành công. Tên này là duy nhất và chứa một trong các kí tự sau: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Số</li> <li>○ Chữ viết hoa và viết thường</li> </ul>

willTopic	String [100]	Nếu cờ will được bật thì chủ đề cho last will phải được định nghĩa tại đây
willMessage	String [100]	Nếu cờ will được bật thì tin nhắn cho last will phải được định nghĩa tại đây
userName	String [20]	Nếu cờ password được bật thì tên đăng nhập tại broker phải được khai báo tại đây
password	String [20]	Nếu cờ password được bật thì mật khẩu đăng nhập tại broker phải được khai báo tại đây
topic	String [100]	Tên chủ đề
message	String	Nội dung tin nhắn

#### Lưu ý:

- Nếu cờ “will” là “True” thì phải định nghĩa “willMessage” và “willTopic”.
- Nếu cờ “will” là “False” thì phải đặt các cờ sau về “False”:
  - “willQoS\_1”
  - “willQoS\_2”
  - “willRetain”
- Nếu cờ “username” và “password” là “True” thì phải khai báo tên đăng nhập và mật khẩu trong các biến “userName” và “password”. Dữ liệu đăng nhập này phải trùng khớp với dữ liệu được lưu tại MQTT broker.

#### 2.2.1.2. Giao diện của khối FB



Hình 2.5: Khối chức năng LMqtt\_Publisher

Khối chức năng “LMqtt\_Publisher” được thiết kế cho “optimized block access”.

#### Tham số đầu vào

Tham số	Kiểu dữ liệu	Chức năng
enable	BOOL	Kích hoạt khối chức năng bằng cạnh lên. Khối chức năng sẽ duy trì trạng thái kích hoạt nếu enable giữ trạng thái “true”. Cạnh xuống ở chân này sẽ ngắt kết nối TCP và MQTT.
publish	BOOL	Gửi tin nhắn đến broker khi có cạnh lên.
tcpConnParam	“typeTcpConnParam”	Chứa các thông tin kết nối TCP
mqttParam	“typeMqttParam”	Chứa các thông tin kết nối MQTT và thông tin tin nhắn.

#### Tham số ngõ ra

Tham số	Kiểu dữ liệu	Chức năng
tcpConnected	BOOL	“True” nếu kết nối TCP được thiết lập
mqttConnected	BOOL	“True” nếu kết nối MQTT được thiết lập
publish	BOOL	“True” nếu tin nhắn đến broker thành công và chỉ “True” trong một chu kỳ
busy	BOOL	“True” khi một tin nhắn hoặc lệnh ping đang được gửi đến broker
error	BOOL	“True” nếu có lỗi
statusID	INT	Trạng thái phát sinh lỗi
status	DWORD	Thông báo lỗi

## 2.2.2. Thư viện LMqtt/ LMqttQdn\_Publish\_Secure

### 2.2.2.1. Các kiểu dữ liệu mới

Hoàn toàn tương tự phần 2.2.1.1, riêng kiểu “typeTcpConnParam” có thêm một vài tham số mới

Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
activateSecureConn	BOOL	“True” nếu giao tiếp được bảo mật thông qua TLS
validateSubjectAlternateNameOfServer	WORD	Bật bit 0 để TLS client xác thực tên thay thế của chứng chỉ. Bit 1 đến 15 dự trữ. Chỉ liên quan nếu “activateSecureConn” được bật
IdTlsServerCertificate	UDINT	Chỉ số của chứng chỉ được dùng để xác thực TLS server. Nếu là “0” thì TLS client sẽ sử dụng tất cả chứng chỉ đang có trong bộ nhớ để xác thực server. Chỉ liên quan nếu “activateSecureConn” được bật
idTlsClientCertificate	UDINT	ID của chứng chỉ để tự xác nhận client với server. Chỉ liên quan nếu “activateSecureConn” được bật và TLS server yêu cầu xác thực client.

### 2.2.2.2. Giao diện của khối FB

Hoàn toàn tương tự 2.2.1.2.

## 2.2.3. Thư viện MQTT Client

Đây là thư viện do thành viên Yuwen-Tang trên diễn đàn Siemens tạo ra. Các chức năng được hỗ trợ:

- Gửi tin nhắn đến broker (Publisher) và nhận tin nhắn từ broker (Subscriber).
- Đăng kí và huỷ đăng kí tối đa 10 chủ đề tại một thời điểm.
- Có thể xử lí cùng lúc 10 tin nhắn đến từ broker.
- Hỗ trợ xử lí đầy đủ QoS 0,1,2.

### 2.2.3.1. Các kiểu dữ liệu mới

#### Kiểu dữ liệu MqttConnectPacket

Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
cleanSession	BOOL	“True”: loại bỏ mọi phiên làm việc trước và bắt đầu phiên làm việc mới. Hiện tại thư viện chưa hỗ trợ trạng thái phiên làm việc MQTT nên bit này luôn được bật.
willFlag	BOOL	“True”: Bật cờ will, cho phép gửi tin nhắn thông báo một client bị ngắt kết nối.
willQoS_level	Int	Cấp độ QoS của tin nhắn will.
willRetain	BOOL	“True”: tin nhắn will sẽ được giữ lại tại broker
passwordFlag	BOOL	“True” nếu broker yêu cầu đăng nhập. Nếu userNameFlag là “False” thì passwordFlag sẽ tự động tắt.
userNameFlag	BOOL	“True” nếu broker yêu cầu đăng nhập.
keepAliveTime	Word	Thời gian keepAlive, tối thiểu là 2 giây.
clientIdIdentifier	String [23]	Tên duy nhất để xác nhận client tại broker.
willTopic	String [100]	Chủ đề will. Nếu willFlag là “True” thì phải xác định willTopic.
willMessage	String [100]	Tin nhắn will. Nếu willFlag là “True” thì phải xác định willMessage.
userName	String [20]	Tên đăng nhập. Nếu userNameFlag là “True” thì phải xác định userName.
password	String [20]	Mật khẩu đăng nhập. Nếu passwordFlag là “True” thì phải xác định password.

#### Kiểu dữ liệu MqttPublishPacket

Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
DUP_flag	BOOL	“True”: gửi lại tin nhắn trước đó
QoS_level	Int	QoS của tin nhắn gửi đi
Retain	BOOL	“True”: tin nhắn và QoS của nó được lưu tại broker và sẽ gửi đến client đăng kí đúng chủ đề trong tương lai
PublishTopic	String	Chủ đề được gửi
PublishMessage	String	Tin nhắn được gửi

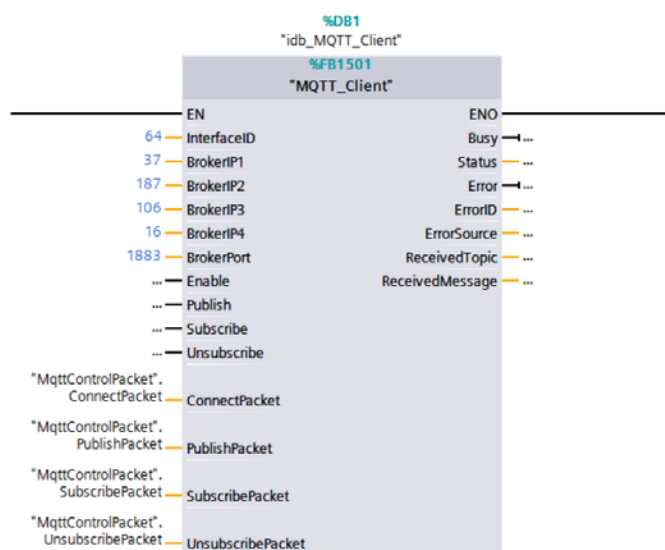
### Kiểu dữ liệu MqttSubscribePacket

Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
TopicFilter	Array[0..9] of String	Chủ đề được đăng kí
RequestedQoS	Array[0..9] of Byte	Cấp QoS được yêu cầu cho chủ đề đăng kí

### Kiểu dữ liệu MqttUnsubscribePacket

Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
TopicFilter	Array[0..9] of String	Chủ đề huỷ đăng kí

### 2.2.3.2. Giao diện của khối FB



Hình 2.6: Khối chức năng MQTT\_Client

## Tham số đầu vào

Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
InterfaceID	UInt	Hardware Identifier của giao tiếp PROFINET trên CPU
BrokerIP1	Byte	Địa chỉ IP của broker
BrokerIP2	Byte	
BrokerIP3	Byte	
BrokerIP4	Byte	
BrokerPort	UInt	Cổng kết nối MQTT của broker
Enable	BOOL	Cạnh lên: Khởi tạo kết nối TCP và gửi gói MQTT CONNECT đến broker Cạnh xuống: Gửi gói MQTT DISCONNECT đến broker và ngắt kết nối TCP cùng MQTT
Publish	BOOL	Cạnh lên: Gửi gói MQTT PUBLISH đến broker. Tự động về "False" ngay khi hoàn thành việc gửi
Subscribe	BOOL	Cạnh lên: Gửi gói MQTT SUBSCRIBE đến broker. Tự động về "False" khi hoàn thành đăng kí
Unsubscribe	BOOL	Cạnh lên: Gửi gói MQTT UNSUBSCRIBE đến broker. Tự động về "False" khi hoàn thành huỷ đăng kí
ConnectPacket	"MqttConnectPacket"	Chứa các thông tin thiết lập kết nối TCP
PublishPacket	"MqttPublishPacket"	Chứa các thông tin để gửi tin nhắn đến broker
SubscribePacket	"MqttSubscribePacket"	Chứa các chủ đề đăng kí và QoS của chúng
UnsubscribePacket	"MqttUnsubscribePacket"	Chứa các chủ đề huỷ đăng kí



## Tham số ngõ ra

Tham số	Kiểu dữ liệu	Ý nghĩa
Busy	BOOL	“True” khi một gói điều khiển MQTT đang được gửi đến broker
Status	Byte	Trạng thái của MQTT client Bit 0: TCP được kết nối Bit 1: MQTT được kết nối Bit 2: Đã gửi thành công Bit 3: Đã đăng kí thành công Bit 4: Đã huỷ đăng kí thành công Bit 5: Lệnh PING được hồi đáp Bit 6: Gói DISCONNECT được gửi Bit 7: Nhận được tin nhắn
Error	BOOL	“True” nếu có lỗi
ErrorID	Word	Nguyên nhân phát sinh lỗi
ErrorSource	Byte	Nguồn gây ra lỗi
ReceivedTopic	Array[0..9] of String	Bộ đệm lưu trữ chủ đề nhận được từ broker
ReceivedMessage	Array[0..9] of String	Bộ đệm lưu tin nhắn nhận được từ broker

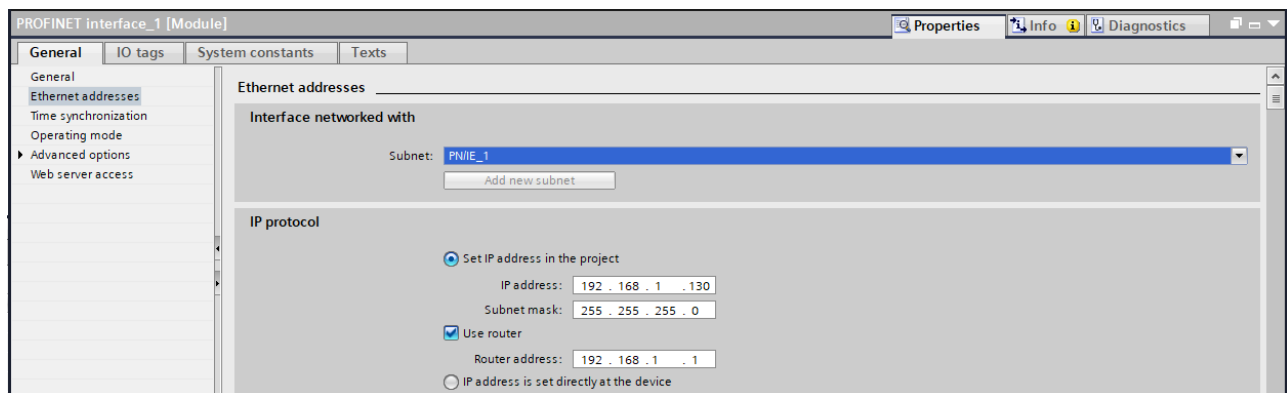
## 3. TÍCH HỢP THƯ VIỆN MQTT VÀO DỰ ÁN BẰNG TIA PORTAL

### 3.1. Tích hợp thư viện LMqtt/ LMqttQdn\_Publish\_Unsecure cho PLC S7-1200/ S7-1500

**Lưu ý:** Thư viện này sử dụng được cho các dòng PLC S7-1200 có firmware từ 4.0 trở lên và S7-1500.

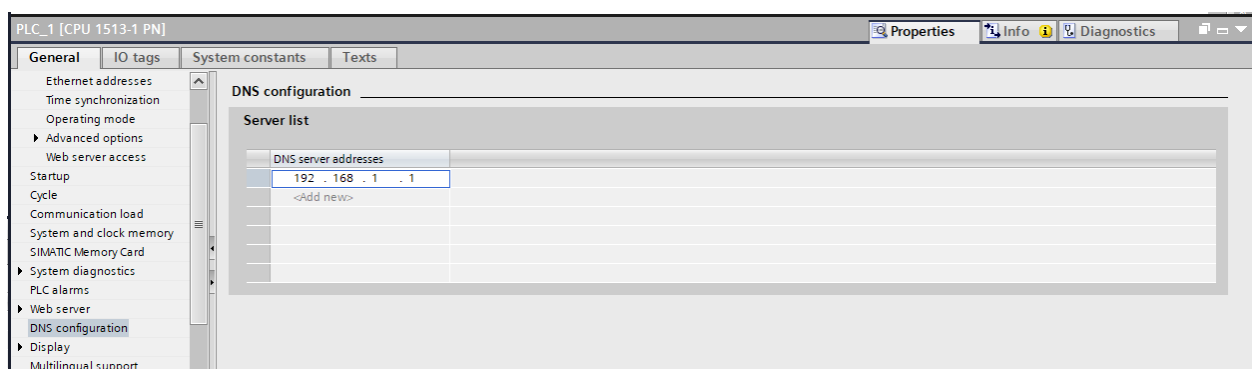
#### Tạo dự án TIA Portal

Tạo dự án TIA Portal với CPU mong muốn. Kết nối PLC với router rồi tiến hành cấu hình Ethernet cho PLC.



Hình 3.1: Cấu hình Ethernet cho PLC

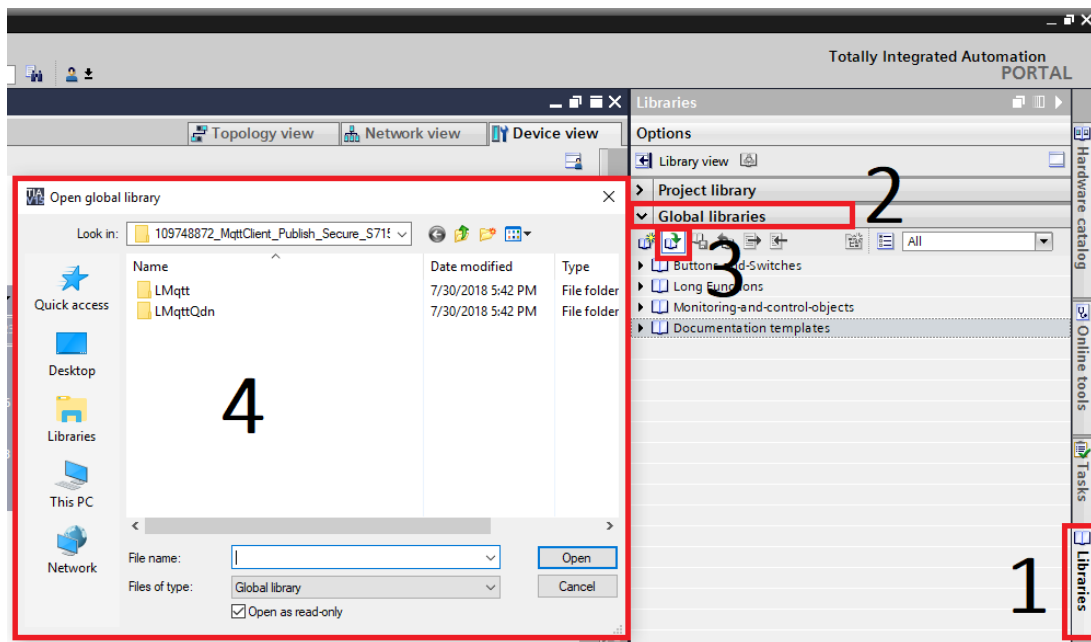
Nếu sử dụng thư viện LMqttQdn\_Publish\_Unsecure cần cấu hình thêm DNS cho PLC.



Hình 3.2: Cấu hình DNS cho PLC

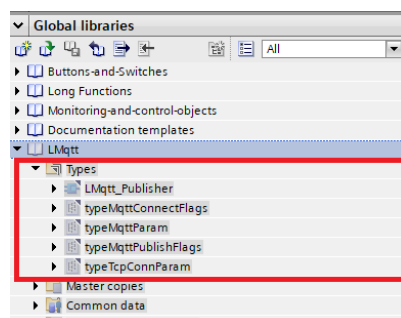
## Sao chép các khối cần thiết

1. Giải nén file ZIP chứa thư viện ở mục 4 vào đường dẫn trên máy tính.
2. Mở tab “library” trong phần mềm TIA Portal, chọn “Global library” rồi nhấp chuột vào biểu tượng “Open global library”. Cửa sổ “Open global library” xuất hiện.



Hình 3.3 Global library trong TIA Portal

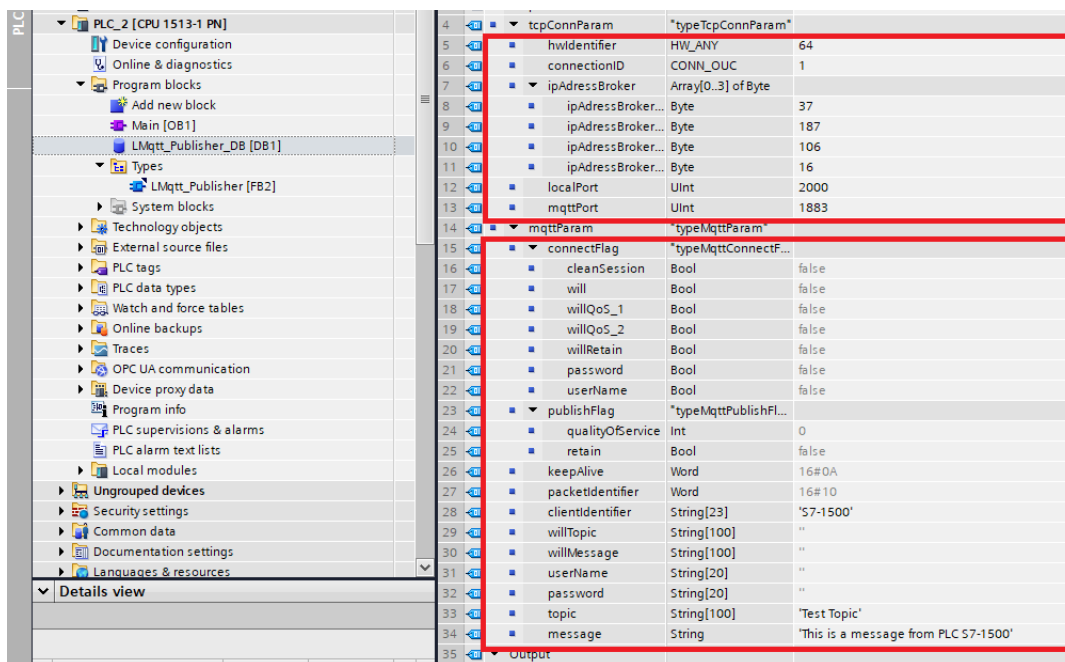
3. Đi đến thư mục giải nén, chọn thư viện LMqtt hoặc LMqttQds rồi nhấn Open.
4. Chép nội dung thư mục Types vào dự án



Hình 3.4: Thư viện LMqtt\_Unsecure

## Gọi hàm và cấu hình

Gọi FB LMqtt\_Publisher trong một khối quét chu kỳ (ví dụ như OB1), một data block được sinh ra. Mở data block đó và tiến hành cấu hình trong ngõ vào tcpConnParam và mqttParam.



Hình 3.5: Cấu hình các tham số của LMqtt\_Publisher\_DB

## Lưu ý:

Nếu dùng thư viện LMqttQdn, nhập địa chỉ domain của broker vào tham số “qdnAdressBroker” và phải thêm kí tự “.” vào cuối tên miền của broker. Ví dụ: tên miền của broker là “test.mosquitto.org” thì phải điền vào tham số này là “test.mosquitto.org.”.

■ ▼ tcpConnParam	"typeTcpConnPara...		
■ hwIdentifier	HW_ANY	...	64
■ connectionID	CONN_OUC	1	16#0001
■ qdnAddressBroker	String[254]	'...	'test.mosquitto.org.'
■ localPort	UInt	...	2001
■ mqttPort	UInt	...	1883
■ ▼ mqttParam	"typeMqttParam_2"		
■ ► connectFlag	"typeMqttConnectF...		
■ ► publishFlag	"typeMqttPublishFl...		
■ keepAlive	Word	16	16#000A
■ packetIdentifier	Word	16	16#0010
■ clientIdentifier	String[23]	'...	'S7-1500DNS'
■ willTopic	String[100]	"	"
■ willMessage	String[100]	"	"
■ userName	String[20]	"	"
■ password	String[20]	"	"
■ topic	String[100]	'...	'S7-1500'
■ message	String	'...	'DNS S7-1500'

Hình 3.6: Cấu hình các tham số của LMqtt\_PublisherQDB\_DB

## 3.2. Tích hợp thư viện LMqtt/ LMqttQdn\_Publish\_Secure cho PLC S7-1500

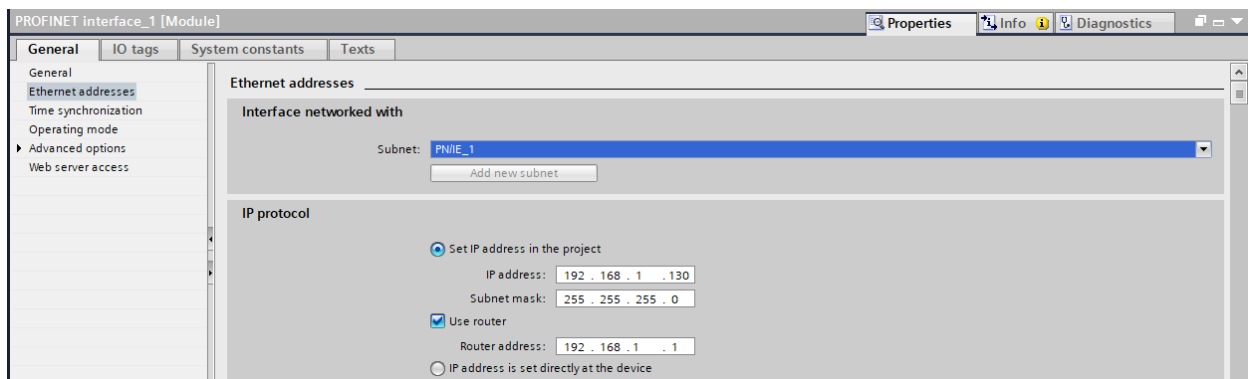
Lưu ý:

Thư viện LMqtt\_Publish\_Secure/ LMqttQdn\_Publish\_Secure chỉ hỗ trợ dòng PLC S7-1500. Nếu muốn sử dụng kết nối MQTT bảo mật thông qua TLS, phải sử dụng CPU có firmware ít nhất là 2.0.

### 3.2.1. Liên kết thư viện và cấu hình cơ bản

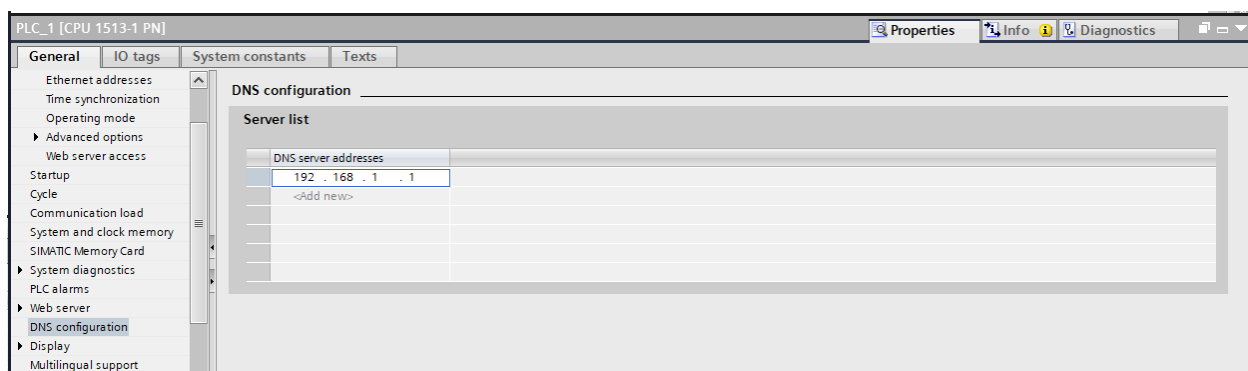
#### Tạo dự án TIA Portal

Tạo dự án TIA Portal với CPU mong muốn. Kết nối PLC với router rồi tiến hành cấu hình Ethernet cho PLC.



Hình 3.7: Cấu hình Ethernet cho PLC

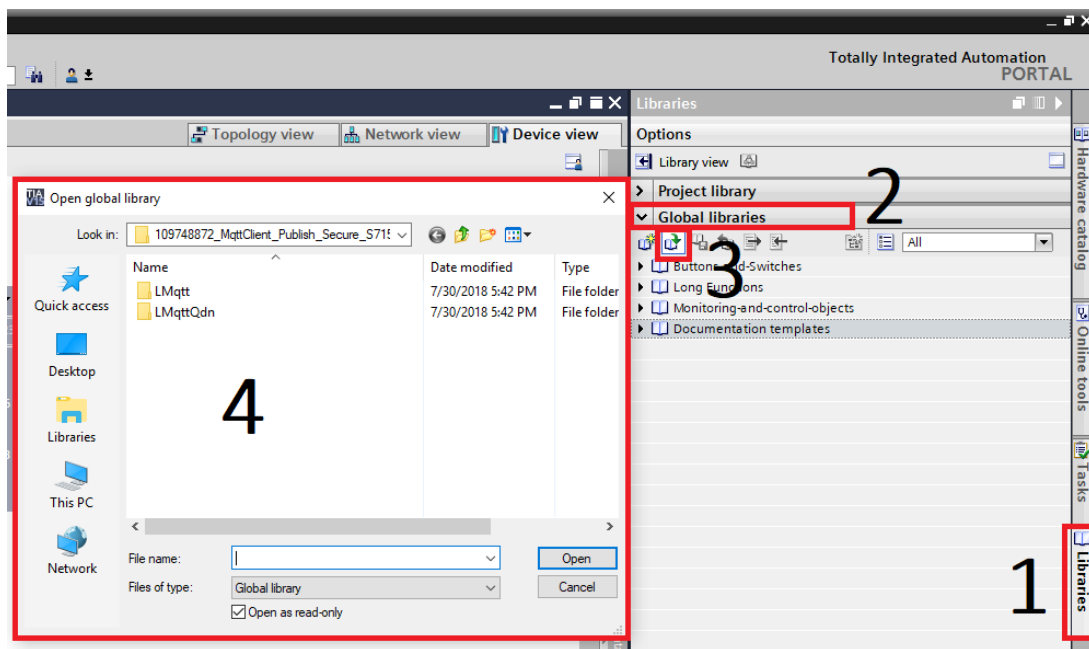
Nếu sử dụng thư viện LMqttQdn\_Publish\_Unsecure cần cấu hình thêm DNS cho PLC.



Hình 3.8: Cấu hình DNS cho PLC

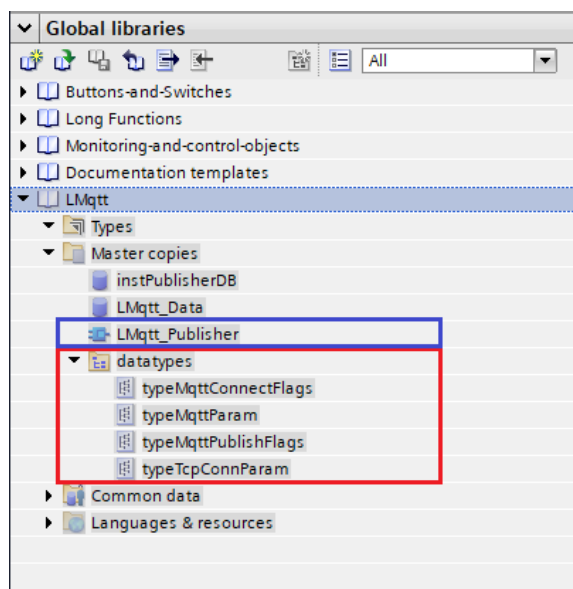
## Sao chép các khối cần thiết

1. Giải nén file ZIP chứa thư viện ở mục 4 vào đường dẫn trên máy tính.
2. Mở tab “library” trong phần mềm TIA Portal, chọn “Global library” rồi nhấp chuột vào biểu tượng “Open global library”. Cửa sổ “Open global library” xuất hiện.



Hình 3.9: Global library trong TIA Portal

3. Đi đến thư mục giải nén, chọn thư viện LMqtt hoặc LMqttQds rồi nhấn Open.
4. Chép nội dung thư mục datatypes vào PLC data types, FB LMqtt\_Publisher vào Program blocks của dự án



Hình 3.10: Thư viện LMqtt\_Secure



## Gọi hàm và cấu hình

Gọi FB LMqtt\_Publisher trong một khối quét chu kỳ (ví dụ như OB1), một data block được sinh ra. Nếu không dùng chức năng bảo mật qua TLS thì mở data block vừa tạo ra và tiến hành cấu hình như phần 3.1, trong đó tắt bit activateSecureConnection như hình bên dưới. Nếu dùng chức năng bảo mật qua TLS thì bỏ qua hình bên dưới và đến phần **“3.2.2. Thiết lập chức năng bảo mật”**

Name	Data type	Start value
enable	Bool	false
publish	Bool	false
tcpConnParam	*typeTcpConnParam*	
hwIdentifier	HW_ANY	64
connectionID	CONN_OUC	1
ipAddressBroker	Array[1..4] of Byte	
ipAddressBroker...	Byte	37
ipAddressBroker...	Byte	187
ipAddressBroker...	Byte	106
ipAddressBroker...	Byte	16
localPort	UInt	2000
mqttPort	UInt	1883
activateSecureConn	Bool	false
validateSubjectAlt...	Word	16#0
idTlsServerCertifica...	UDInt	0
idTlsOwnCertificate	UDInt	0
mqttParam	*typeMqttParam*	
connectFlag	*typeMqttConnectF...	
cleanSession	Bool	false
will	Bool	false
willQoS_1	Bool	false
willQoS_2	Bool	false
willRetain	Bool	false
password	Bool	false
userName	Bool	false
publishFlag	*typeMqttPublishFl...	
qualityOfService	Int	0
retain	Bool	false
keepAlive	Word	16#0A
packetIdentifier	Word	16#10
clientIdentifier	String[23]	'S7-1500'
willTopic	String[100]	''
willMessage	String[100]	''
userName	String[20]	''
password	String[20]	''
topic	String[100]	'Test Topic'
message	String	'This is a message from PLC S7-1500'

Hình 3.11: Cấu hình các tham số của LMqtt\_Publisher\_DB

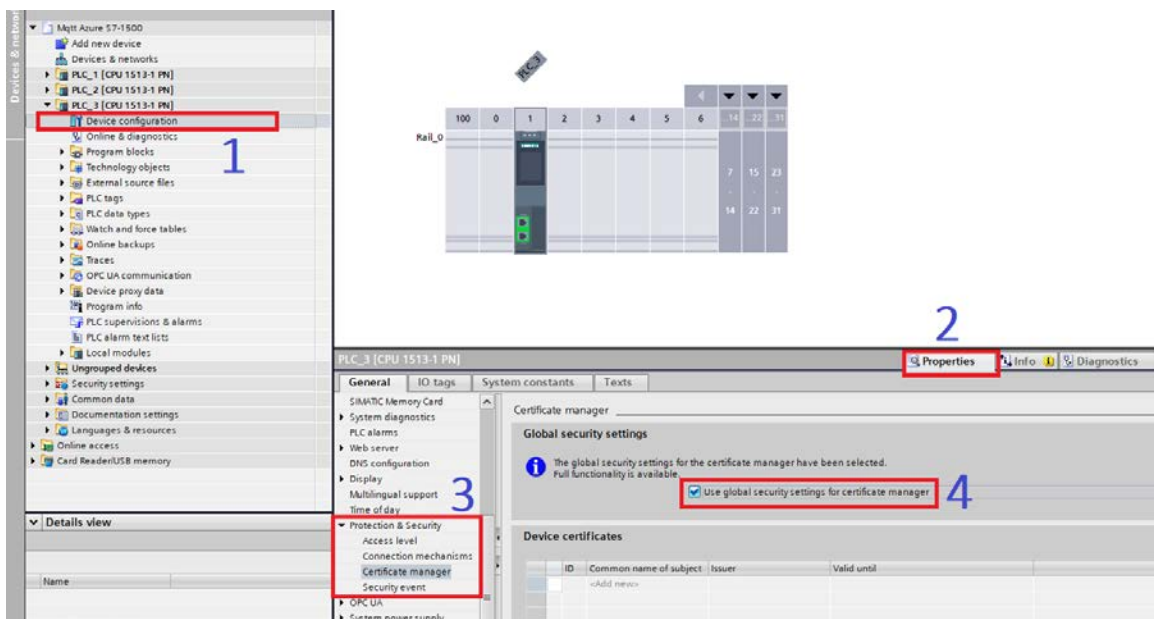
### 3.2.2. Thiết lập chức năng bảo mật

Lưu ý:

- Trong ví dụ này, MQTT broker bỏ qua bước xác nhận client nên chỉ cần chứng chỉ của broker để xác nhận broker. Nếu broker yêu cầu chứng chỉ của client thì cần nhập chứng chỉ của client tương tự như làm cho broker.
- Sao chép chứng chỉ của broker vào máy tính.
- Đồng bộ thời gian PLC trùng với thời gian hiện tại bằng chức năng Set Time của phần mềm TIA Portal.

#### Kích hoạt “Global certificate manager”

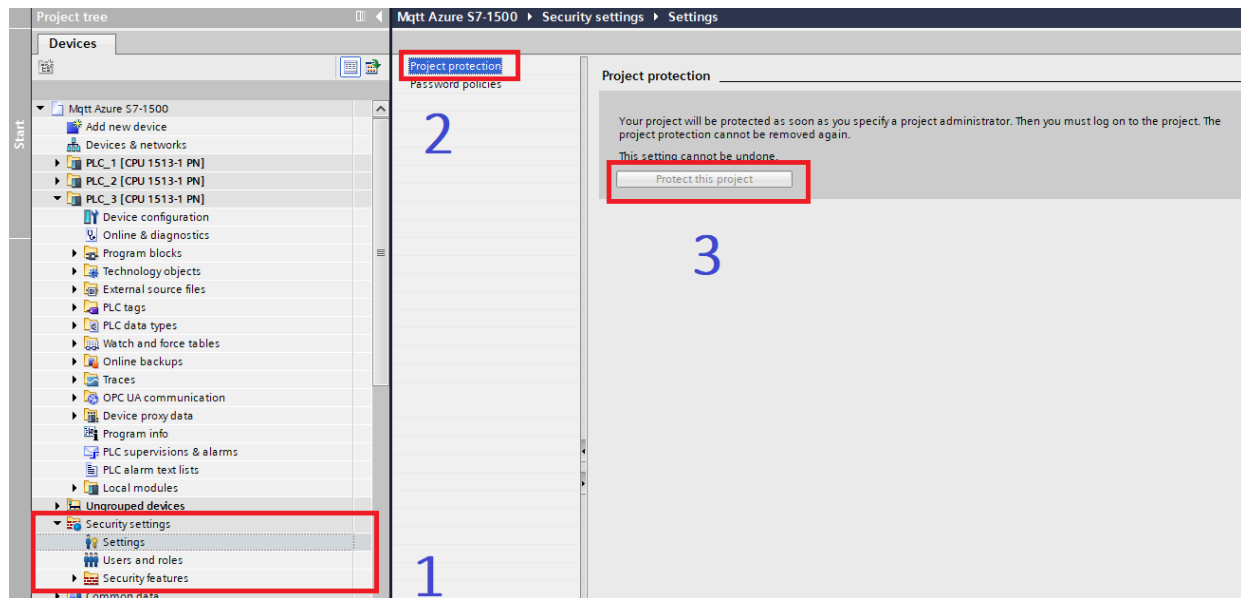
1. Trong Project tree, chọn Device configuration. Ở tab “Properties”, chọn “Protection & Security” > Certificate manager.
2. Nhấp chọn ô “Use global security settings for certificate manager”.



Hình 3.12: Kích hoạt global security settings

## Tạo tài khoản đăng nhập dự án

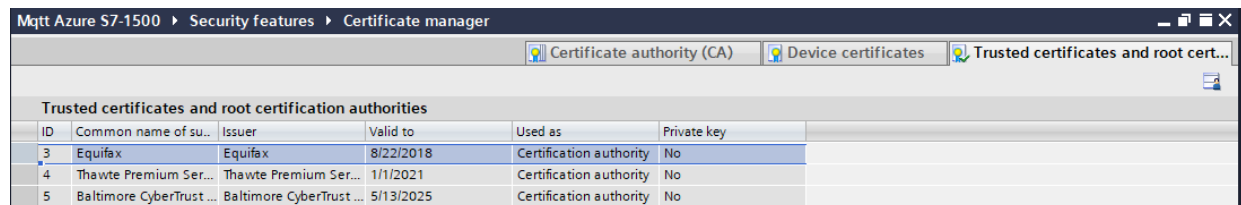
1. Trong Project tree, chọn Security settings > Settings > Project protection
2. Nhấp chuột vào Protect this project rồi điền thông tin tài khoản (tên đăng nhập, mật khẩu) sau đó nhấn OK.



Hình 3.13: Tạo tài khoản đăng nhập dự án

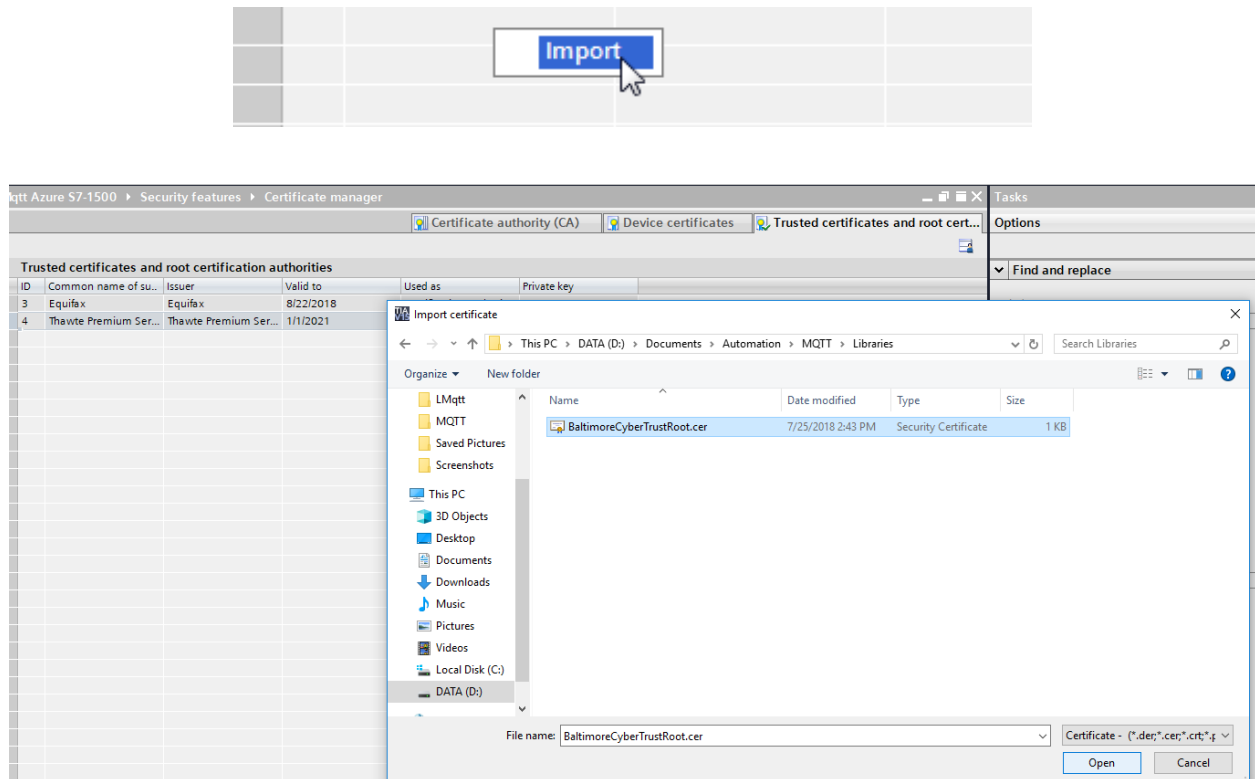
## Nhập chứng chỉ của broker

1. Sau khi tạo tài khoản, trong Project tree, chọn Security settings > Security features > Certificate manager
2. Chọn bằng Trusted certificates and root authorities



Hình 3.14: Bảng “Trusted certificates and root certificates”

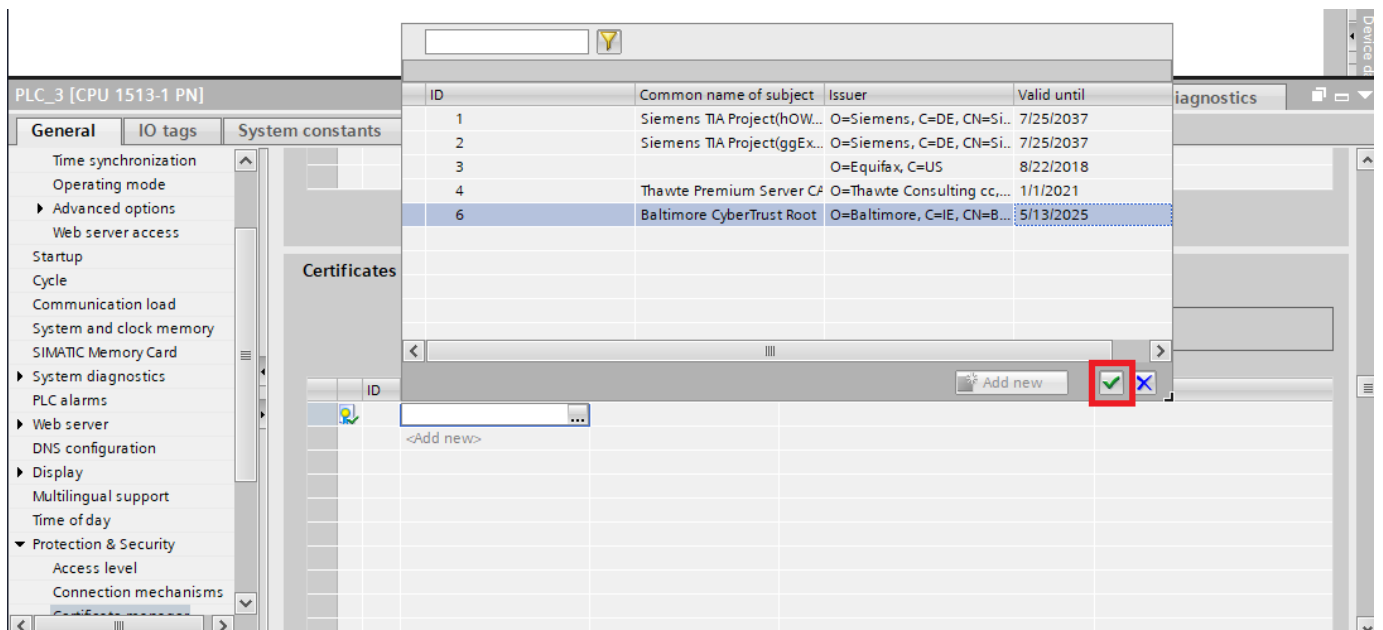
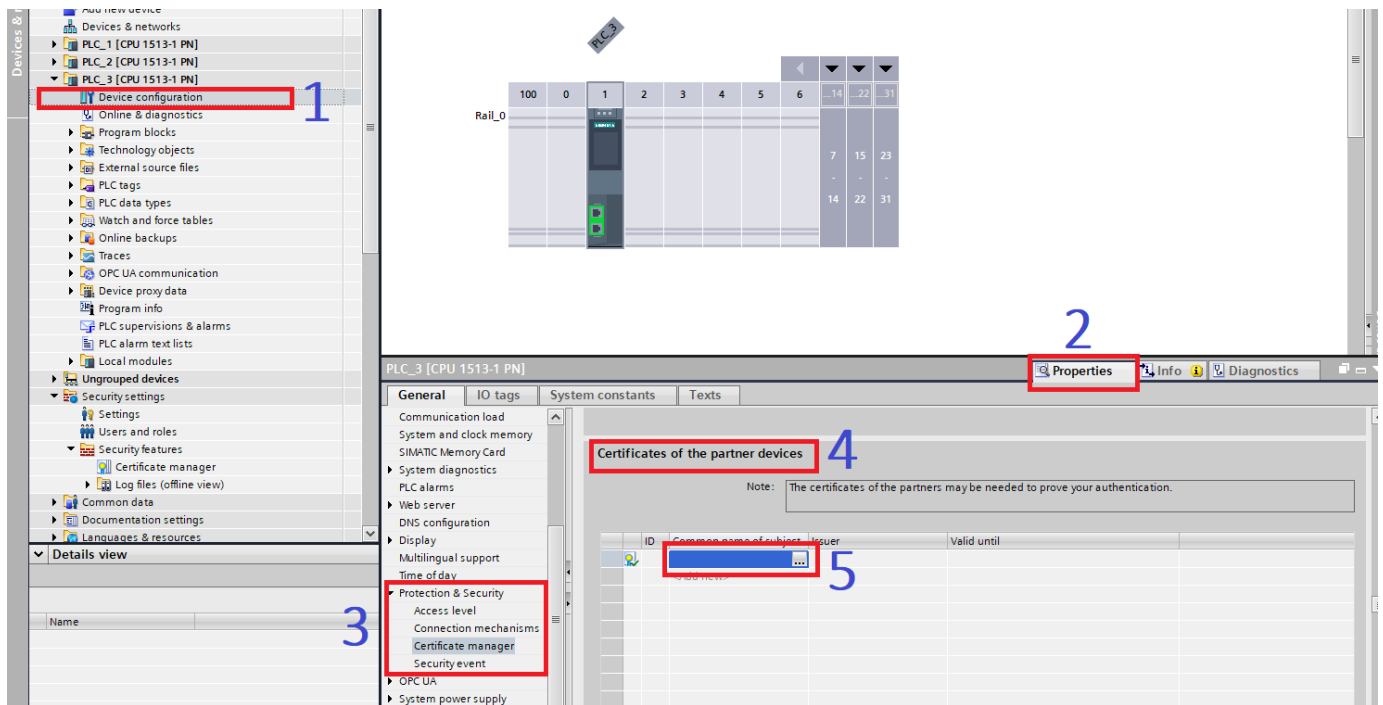
3. Nhấp chuột phải rồi chọn “Import”, đi đến đường dẫn chứa file chứng chỉ, chọn chứng chỉ cần thiết rồi nhấn Open.



Hình 3.15: Nhập chứng chỉ của broker vào Certificate manager

## Thêm chứng chỉ vào CPU

1. Trong Project tree, chọn Device configuration. Ở tab “Properties”, chọn “Protection & Security” > Certificate manager.
2. Đi đến phần “Certificates of the partner devices” rồi chọn chứng chỉ vừa thêm bên trên.



Hình 3.16: Thêm chứng chỉ của broker vào PLC

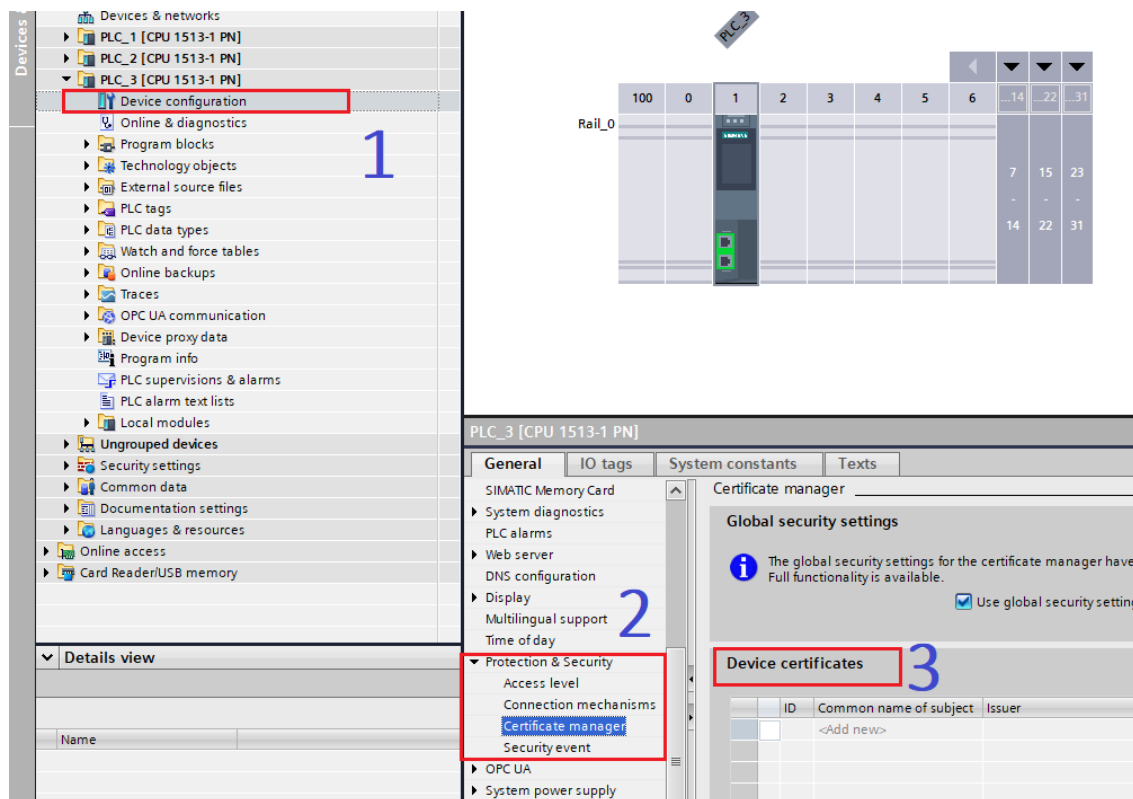
Kết quả là chứng chỉ được thêm vào CPU, điền ID của chứng chỉ (ở đây là 6) vào biến idTlsServerCertificate trong khối LMqtt\_Publisher\_DB.

LMqtt_Publisher_DB				
	Name	Data type	Start value	Retain
1	▼ Input			
2	enable	Bool	false	
3	publish	Bool	false	
4	▼ tcpConnParam	"typeTcpConnParam"		
5	hwIdentifier	HW_ANY	64	
6	connectionID	CONN_OUC	1	
7	▼ ipAddressBroker	Array[1..4] of Byte		
8	ipAddressBroker[1]	Byte	37	
9	ipAddressBroker[2]	Byte	187	
10	ipAddressBroker[3]	Byte	106	
11	ipAddressBroker[4]	Byte	16	
12	localPort	UInt	2000	
13	mqttPort	UInt	8883	
14	activateSecureConn	Bool	true	
15	validateSubjectAlternateNameOfServer	Word	16#0	
16	idTlsServerCertificate	UDInt	6	
17	idTlsOwnCertificate	UDInt	0	
18	▼ mqttParam	"typeMqttParam"		
19	▼ connectFlag	"typeMqttConnectF..."		
20	cleanSession	Bool	false	
21	will	Bool	false	
22	willQoS_1	Bool	false	
23	willQoS_2	Bool	false	
24	willRetain	Bool	false	
25	password	Bool	false	
26	userName	Bool	false	
27	▼ publishFlag	"typeMqttPublishFL..."		
28	qualityOfService	Int	0	
29	retain	Bool	false	
30	keepAlive	Word	16#0A	
31	packetIdentifier	Word	16#10	
32	clientIdIdentifier	String[23]	'S7-1500'	
33	willTopic	String[100]	''	
34	willMessage	String[100]	''	
35	userName	String[20]	''	
36	password	String[20]	''	
37	topic	String[100]	'Test Topic'	
38	message	String	'This is a message from PLC S7-1500'	
39	▼ Output			
40	tcpEstablished	Bool	false	
41	mqttEstablished	Bool	false	

Hình 3.17: Cấu hình data block LMqtt\_Publisher\_DB của thư viện secure

#### Lưu ý:

- Nếu broker yêu cầu xác thực client, cần nhập chứng chỉ của client vào CPU (phần Device certificates). Nhập ID của chứng chỉ này vào tham số "idTlsOwnCertificate" trong LMqtt\_Publisher\_DB.



Hình 3.18: Thêm chứng chỉ của MQTT client vào PLC

activateSecureConn	Bool	true
validateSubjectAlternateNameOfServer	Word	16#0
idTlsServerCertificate	UDInt	6
idTlsOwnCertificate	UDInt	0

Hình 3.19: Thêm ID chứng chỉ của MQTT client vào data block LMqtt\_Publisher\_DB

- Nếu dùng thư viện LMqttQdn, nhập địa chỉ domain của broker vào tham số “qdnAdressBroker” và phải thêm kí tự “.” vào cuối tên miền của broker. Ví dụ: tên miền của broker là “test.mosquitto.org” thì phải điền vào tham số này là “test.mosquitto.org.”.



### 3.3. Tích hợp thư viện MQTT Client cho PLC S7-1200/ S7-1500

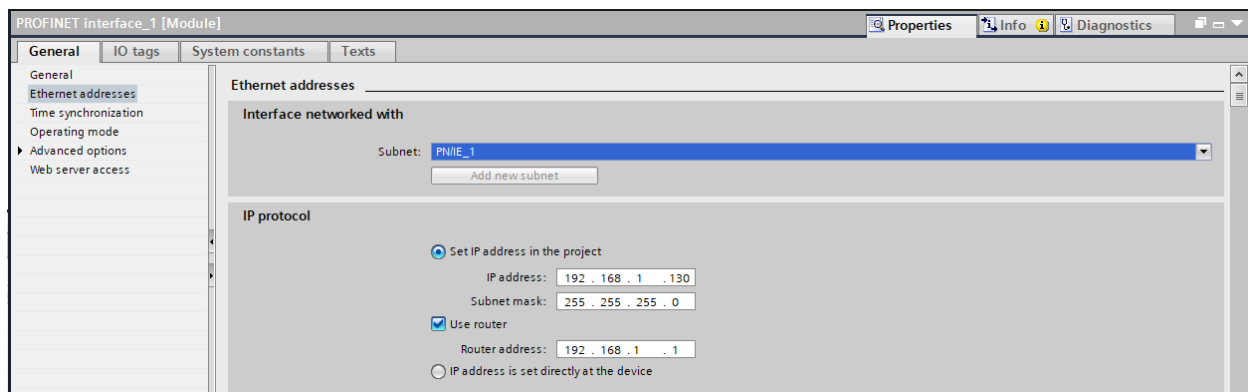
Lưu ý:

- Đến thời điểm hiện tại, Siemens vẫn chưa phát hành thư viện MQTT subscribe cho các dòng PLC của hãng. Đây là thư viện do thành viên Yuwen-Tang trên diễn đàn Siemens phát triển, có đầy đủ chức năng của một MQTT client. Tuy nhiên một số chức năng làm việc chưa ổn định nên khuyến khích chỉ dùng thư viện này cho mục đích nghiên cứu.
- Chức năng Publisher của thư viện do Siemens phát hành hoạt động ổn định hơn, nên ta chỉ sử dụng thư viện này làm MQTT Subscriber trong phạm vi bài hướng dẫn này.
- Thư viện có hai phiên bản cho PLC S7-1200 và S7-1500. Riêng thư viện cho S7-1200 chỉ hỗ trợ broker không bảo mật. Tham khảo phần 4 để tải đúng thư viện.

#### 3.3.1. Liên kết thư viện và cấu hình cơ bản

##### Tạo dự án TIA Portal

Tạo dự án TIA Portal với CPU mong muốn. Kết nối PLC với router rồi tiến hành cấu hình Ethernet cho PLC.

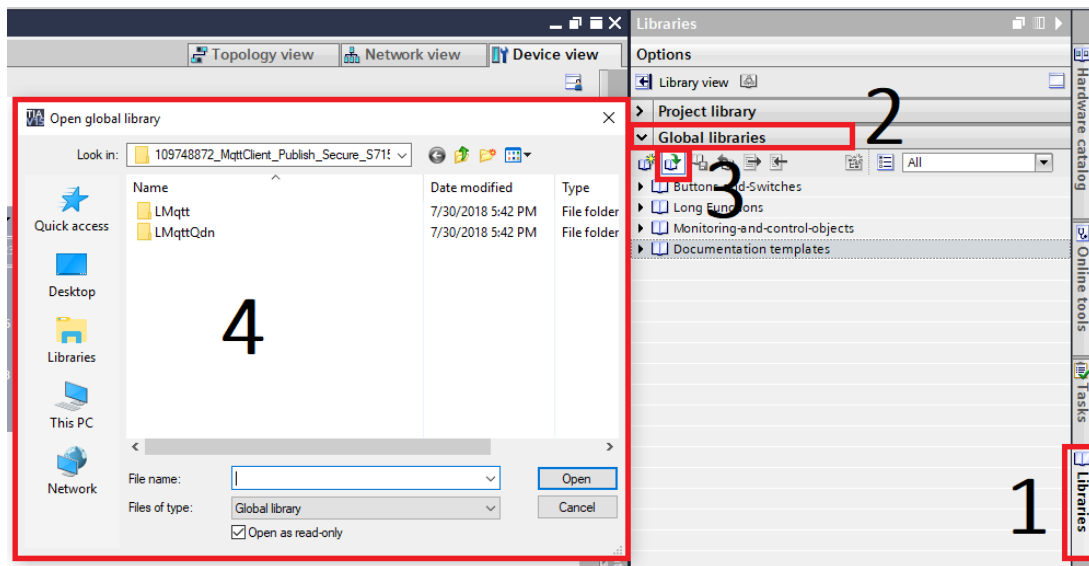


Hình 3.20: Cấu hình Ethernet cho PLC

##### Sao chép các khối cần thiết

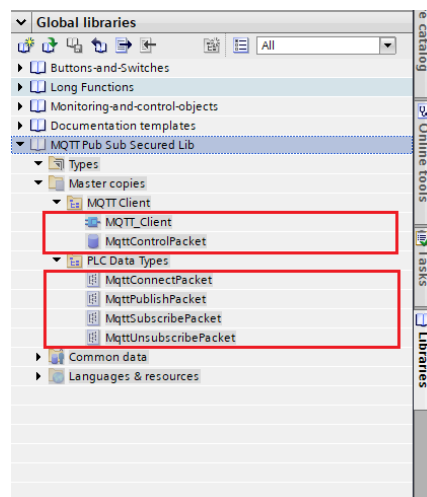
1. Giải nén file ZIP chứa thư viện ở mục 4 vào đường dẫn trên máy tính.

2. Mở tab “library” trong phần mềm TIA Portal, chọn “Global library” rồi nhấp chuột vào biểu tượng “Open global library”. Cửa sổ “Open global library” xuất hiện.



Hình 3.21: Global library trong TIA Portal

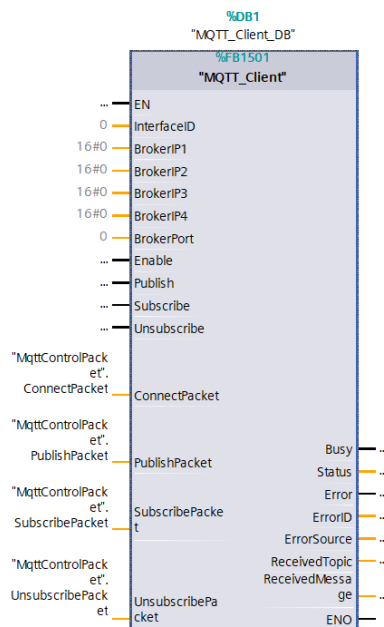
3. Đi đến thư mục giải nén, chọn thư viện rồi nhấn Open.
4. Chép nội dung thư mục datatypes vào PLC data types, FB LMqtt\_Publisher vào Program blocks của dự án



Hình 3.22: Thư viện MQTT Client

## Gọi hàm và cấu hình

Gọi FB LMqtt\_Publisher trong một khối quét chu kỳ (ví dụ như OB1), một data block được sinh ra. Dùng các tham số trong data block MqttControlPacket để cấu hình cho FB.



Hình 3.23: Cấu hình FB MQTT\_Client trong OB1

Cấu hình HardwareIdentifier và địa chỉ IP của broker trong datablock MQTT\_Client\_DB (data block được sinh ra khi gọi FB MQTT\_Client).

**Lưu ý:** Thư viện này không hỗ trợ địa chỉ broker dạng tên miền.

No.	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...
1	Input				
2	InterfaceID	UInt	64		
3	BrokerIP1	Byte	37		
4	BrokerIP2	Byte	187		
5	BrokerIP3	Byte	106		
6	BrokerIP4	Byte	16		
7	BrokerPort	UInt	1883		
8	Output				
9	Busy	Bool	false		
10	Status	Byte	16#0		
11	Error	Bool	false		
12	ErrorID	Word	16#0		

Hình 3.24: Cấu hình MQTT\_Client\_DB

Cấu hình các tham số cần thiết để kết nối MQTT ở “MqttControlPacket”.ConnectPacket và cấu hình chủ đề đăng kí ở “MqttControlPacket”.SubscribePacket.

Name	Data type	Start value	Retain	Access
Static				
ConnectPacket	"MqttConnectPacket"		<input checked="" type="checkbox"/>	
cleanSession	Bool	True	<input checked="" type="checkbox"/>	
willFlag	Bool	false	<input checked="" type="checkbox"/>	
willQoS_level	Int	0	<input checked="" type="checkbox"/>	
willRetain	Bool	false	<input checked="" type="checkbox"/>	
passwordFlag	Bool	false	<input checked="" type="checkbox"/>	
userNameFlag	Bool	false	<input checked="" type="checkbox"/>	
keepAliveTime	Word	16#A	<input checked="" type="checkbox"/>	
clientIdentifier	String[23]	'S7-1500'	<input checked="" type="checkbox"/>	
willTopic	String[100]	'myWill'	<input checked="" type="checkbox"/>	
willMessage	String[100]	'This is my Will me'	<input checked="" type="checkbox"/>	
userName	String[20]	'steve'	<input checked="" type="checkbox"/>	
password	String[20]	'john'	<input checked="" type="checkbox"/>	
PublishPacket	"MqttPublishPacket"		<input type="checkbox"/>	
SubscribePacket	"MqttSubscribePac..."		<input type="checkbox"/>	
TopicFilter	Array[0..9] of String		<input type="checkbox"/>	
TopicFilter[0]	String	'Test Topic'	<input type="checkbox"/>	
TopicFilter[1]	String	''	<input type="checkbox"/>	
TopicFilter[2]	String	''	<input type="checkbox"/>	
TopicFilter[3]	String	''	<input type="checkbox"/>	
TopicFilter[4]	String	''	<input type="checkbox"/>	
TopicFilter[5]	String	''	<input type="checkbox"/>	
TopicFilter[6]	String	''	<input type="checkbox"/>	
TopicFilter[7]	String	''	<input type="checkbox"/>	
TopicFilter[8]	String	''	<input type="checkbox"/>	
TopicFilter[9]	String	''	<input type="checkbox"/>	
RequestedQoS	Array[0..9] of Byte		<input type="checkbox"/>	
UnsubscribePacket	"MqttUnsubscribeP..."		<input type="checkbox"/>	

Hình 3.25: Cấu hình MqttControlPacket

Nếu không dùng chức năng bảo mật qua TLS thì có thể nạp chương trình vào PLC và chạy. Nếu dùng chức năng bảo mật qua TLS thì tham khảo phần **“3.3.2. Thiết lập chức năng bảo mật”**

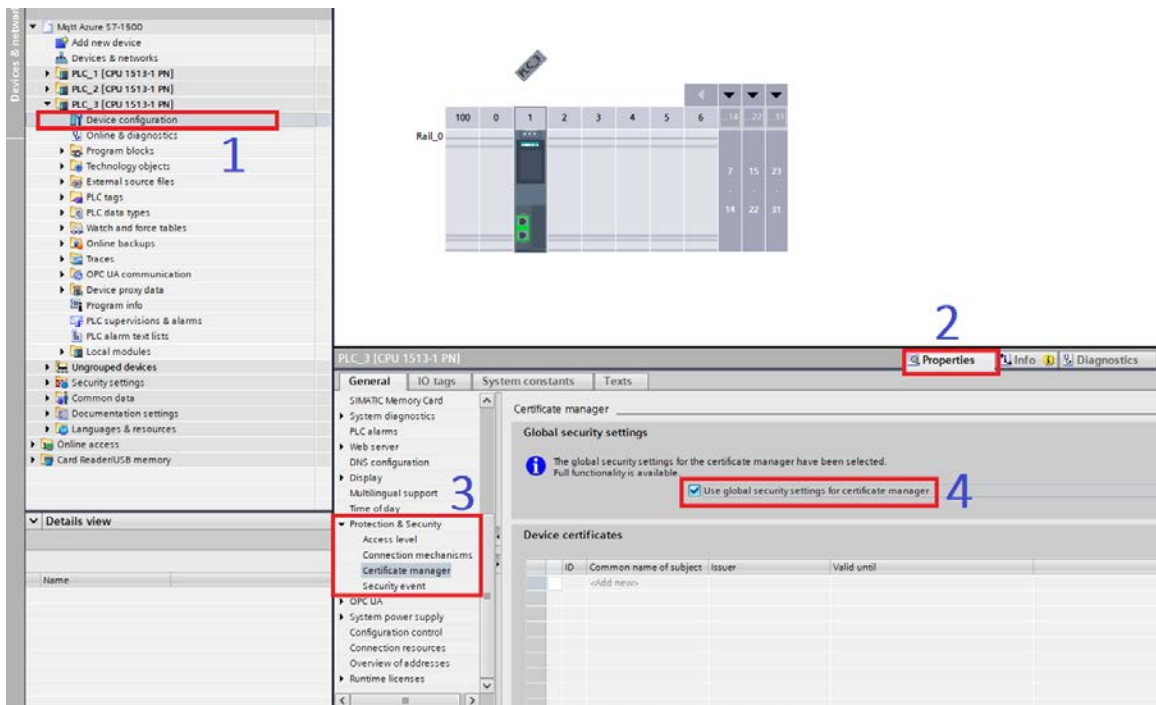
### 3.3.2. Thiết lập chức năng bảo mật

Lưu ý:

- Trong ví dụ này, MQTT broker bỏ qua bước xác nhận client nên chỉ cần chứng chỉ của broker để xác nhận broker. Nếu broker yêu cầu chứng chỉ của client thì cần nhập chứng chỉ của client tương tự như làm cho broker.
- Sao chép chứng chỉ của broker vào máy tính.
- Đồng bộ thời gian PLC trùng với thời gian hiện tại bằng chức năng Set Time của phần mềm TIA Portal.

## Kích hoạt “Global certificate manager”

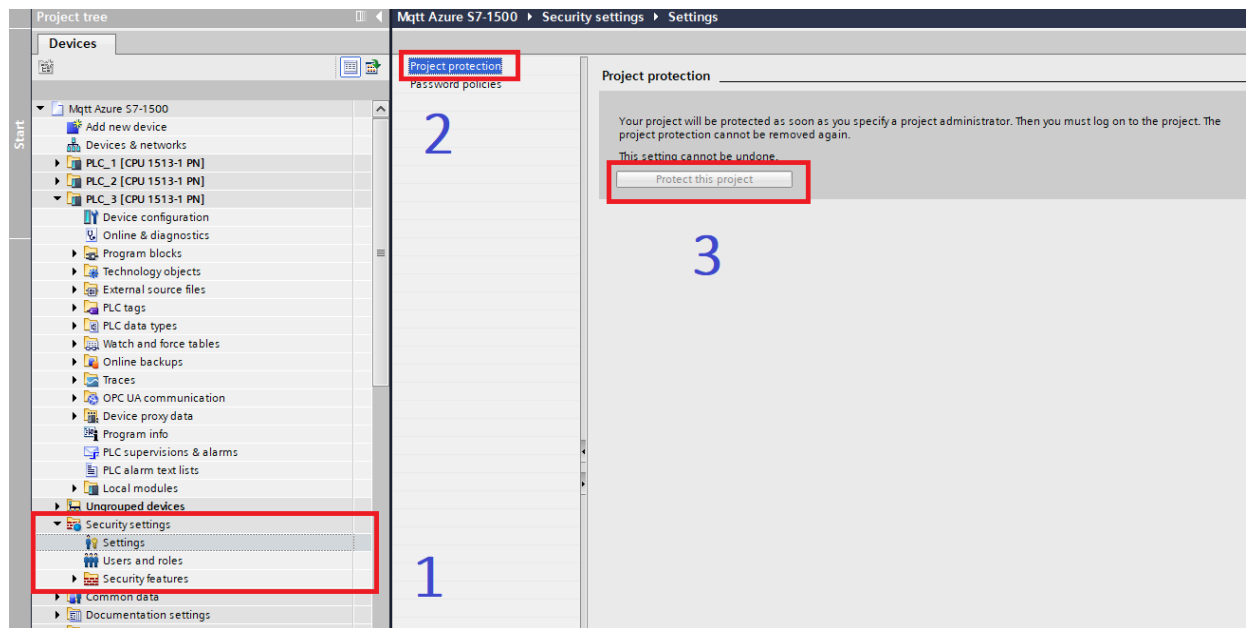
1. Trong Project tree, chọn Device configuration. Ở tab “Properties”, chọn “Protection & Security” > Certificate manager.
2. Nhấp chọn ô “Use global security settings for certificate manager”.



Hình 3.26: Kích hoạt global security settings

## Tạo tài khoản đăng nhập dự án

1. Trong Project tree, chọn Security settings > Settings > Project protection
2. Nhấp chuột vào Protect this project rồi điền thông tin tài khoản (tên đăng nhập, mật khẩu) sau đó nhấn OK.



Hình 3.27: Tạo tài khoản đăng nhập dự án

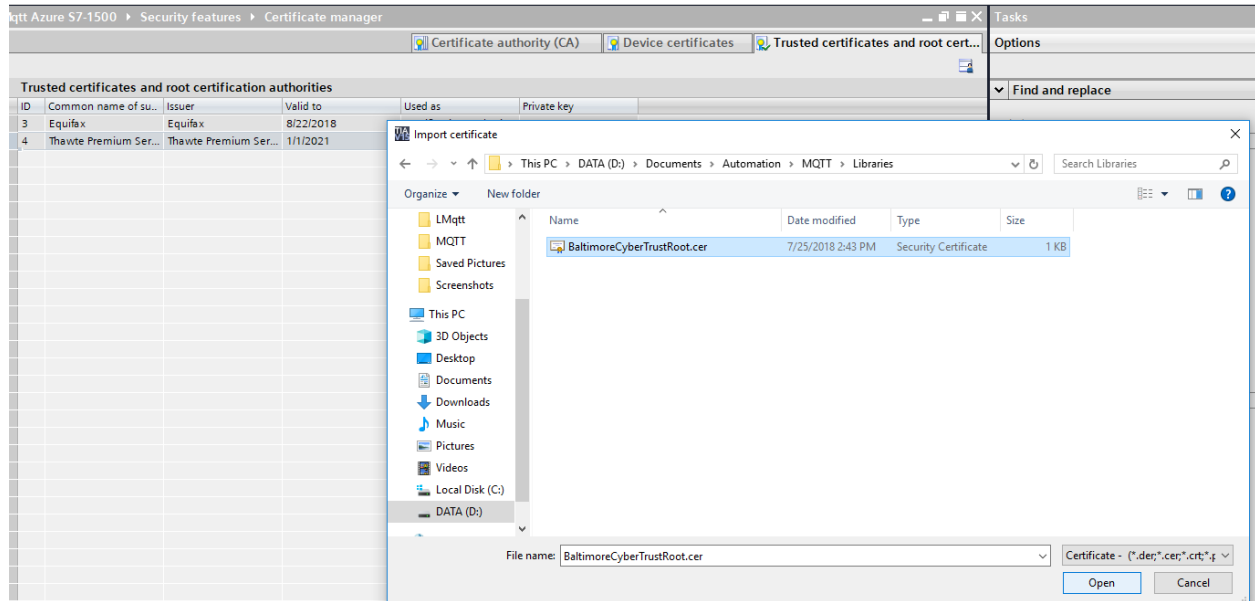
## Nhập chứng chỉ của broker

1. Sau khi tạo tài khoản, trong Project tree, chọn Security settings > Security features > Certificate manager
2. Chọn bảng Trusted certificates and root authorities

Mqtt Azure S7-1500 > Security features > Certificate manager					
Certificate authority (CA) Device certificates Trusted certificates and root cert...					
Trusted certificates and root certification authorities					
ID	Common name of su...	Issuer	Valid to	Used as	Private key
3	Equifax	Equifax	8/22/2018	Certification authority	No
4	Thawte Premium Ser...	Thawte Premium Ser...	1/1/2021	Certification authority	No
5	Baltimore CyberTrust ...	Baltimore CyberTrust ...	5/13/2025	Certification authority	No

Hình 3.28: Bảng “Trusted certificates and root certificates”

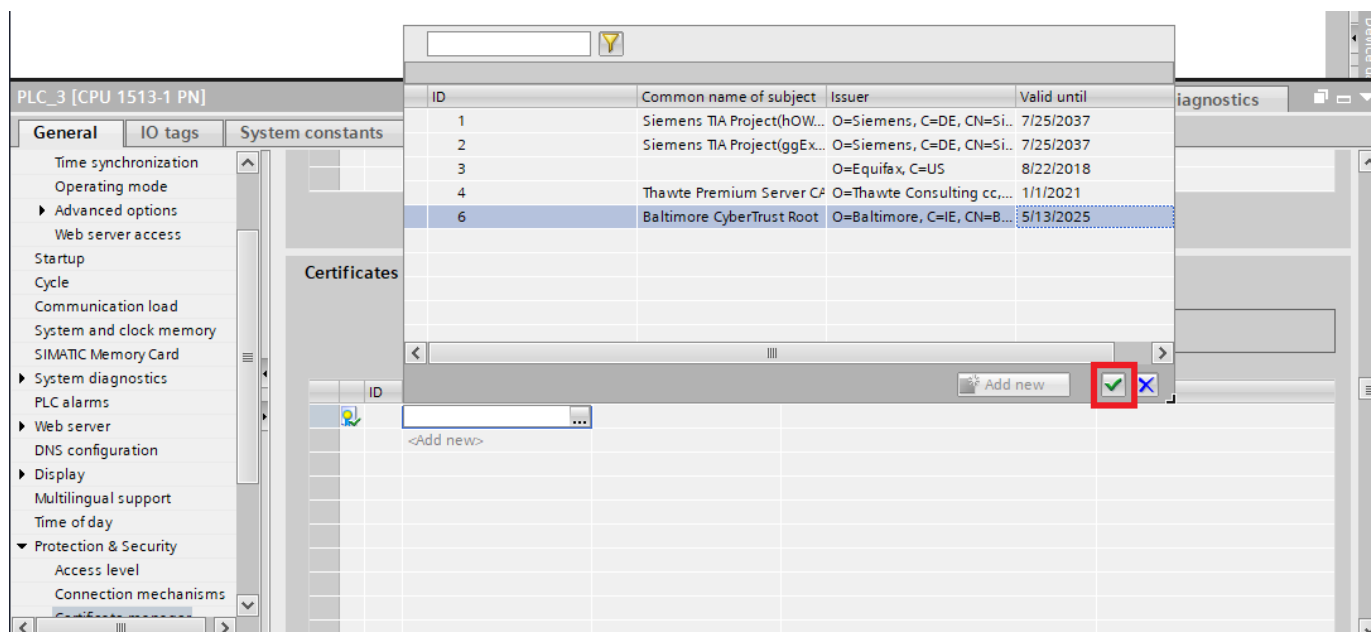
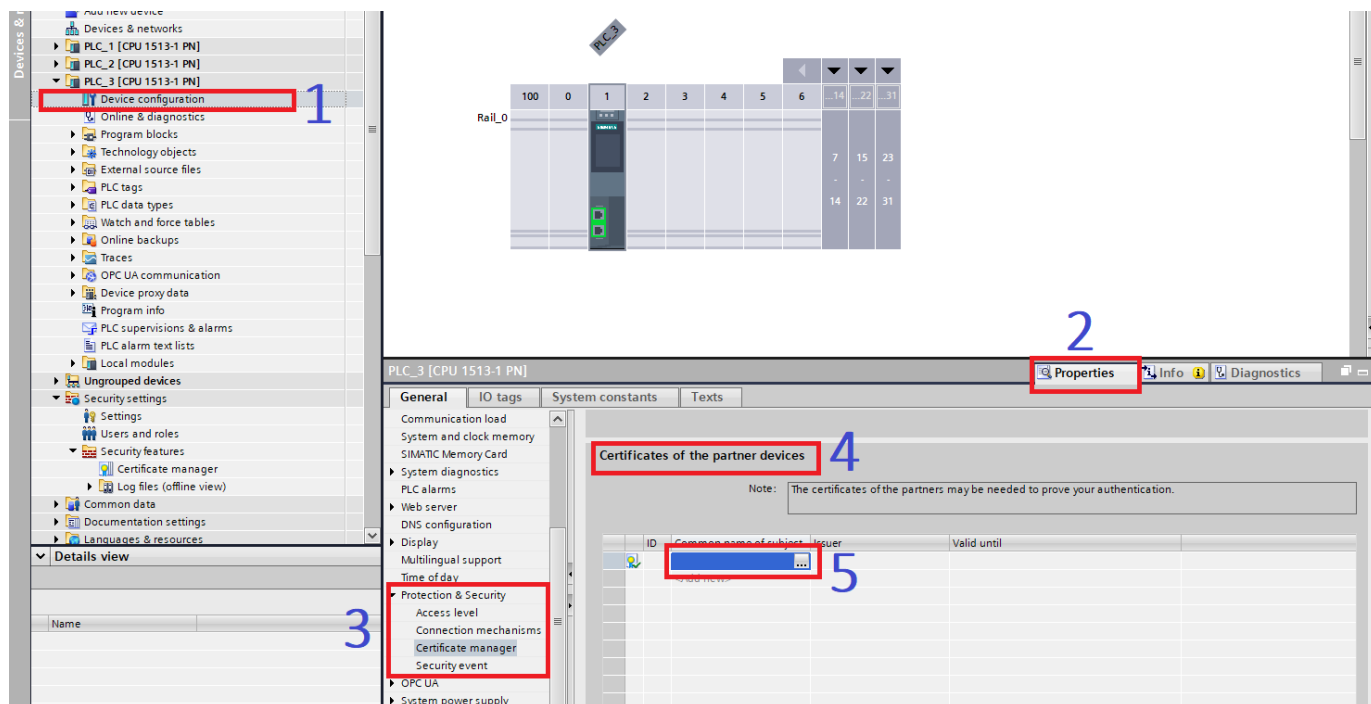
3. Nhấp chuột phải rồi chọn “Import”, đi đến đường dẫn chứa file chứng chỉ, chọn chứng chỉ cần thiết rồi nhấn Open.



Hình 3.29: Nhập chứng chỉ của broker vào Certificate manager

## Thêm chứng chỉ vào CPU

1. Trong Project tree, chọn Device configuration. Ở tab “Properties”, chọn “Protection & Security” > Certificate manager.
2. Đi đến phần “Certificates of the partner devices” rồi chọn chứng chỉ vừa thêm bên trên.



Hình 3.30: Thêm chứng chỉ của broker vào PLC

Kết quả là chứng chỉ được thêm vào CPU, điền ID của chứng chỉ (ở đây là 6) vào tham số "CONNECT".TLSServerCertRef trong data block MQTT\_Client\_DB.

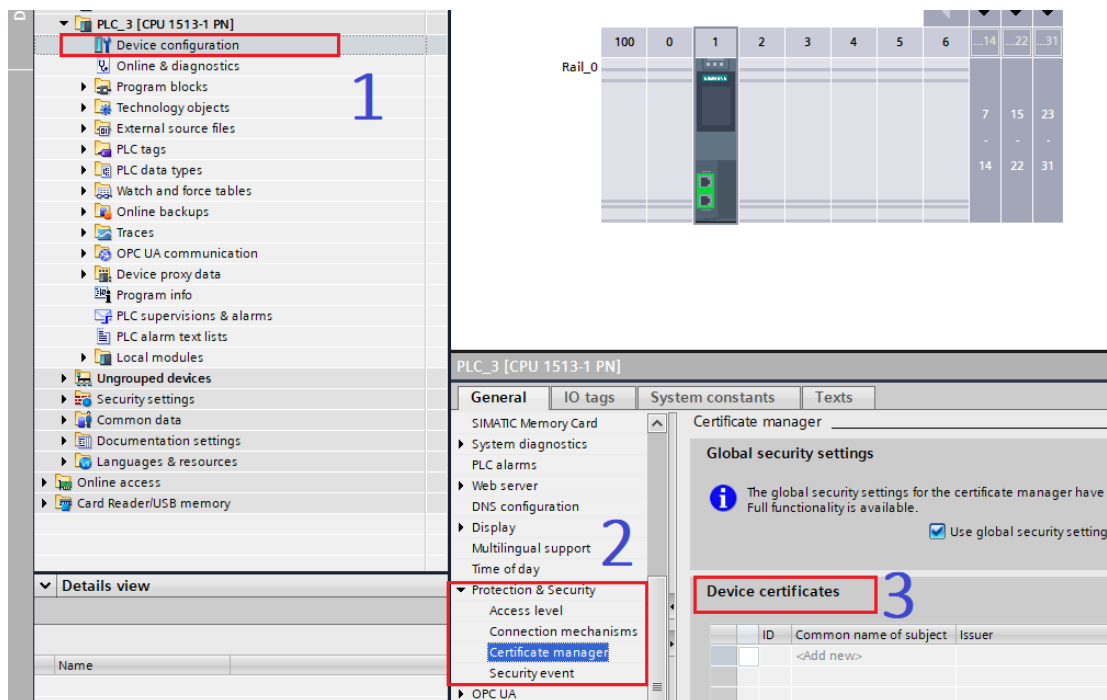


24	UnsubscribePacket	MqttUnsubscribeP...	
25	Static		
26	CONNECT	TCON_IP_V4_SEC	
27	ConnPara	TCON_IP_v4	
28	ActivateSecureConn	Bool	true
29	TLSReqClientCert	Bool	False
30	ExtTlsCapabilities	Word	16#0
31	TLSReqServerCertRef	UDInt	6
32	TLSClientCertRef	UDInt	0
33	ISend_C	ISend_C	

Hình 3.31: Thêm ID chứng chỉ của broker trong data block MQTT\_Client\_DB

Lưu ý:

Nếu broker yêu cầu xác thực client, cần nhập chứng chỉ của client vào CPU (phần Device certificates). Nhập ID của chứng chỉ này vào tham số "CONNECT".TLSClientCertRef trong data block MQTT\_Client\_DB.



Hình 3.32: Thêm chứng chỉ MQTT Client vào PLC

24	UnsubscribePacket	MqttUnsubscribeP...		
25	Static			
26	CONNECT	TCON_IP_V4_SEC		
27	ConnPara	TCON_IP_v4		
28	ActivateSecureConn	Bool	true	
29	TLSServerReqClientCert	Bool	False	
30	ExtTLSCapabilities	Word	16#0	
31	TLSServerCertRef	UDInt	6	
32	TLSClientCertRef	UDInt	0	
33	ISEND_C	ISEND_C		

Hình 3.33: Thêm ID chứng chỉ của MQTT Client vào data block MQTT\_Client\_DB

## 4. TÀI LIỆU THAM KHẢO VÀ LIÊN KẾT

### Tài liệu tham khảo

Số thứ tự	Tài liệu
1	MQTT wiki <a href="https://github.com/mqtt/mqtt.github.io/wiki">https://github.com/mqtt/mqtt.github.io/wiki</a>
2	Siemens Industry Online Support: MQTT Publisher for SIMATIC CPU <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/document/109748872/mqtt-publisher-for-simatic-cpu?dti=0&amp;lc=en-US">https://support.industry.siemens.com/cs/document/109748872/mqtt-publisher-for-simatic-cpu?dti=0&amp;lc=en-US</a>
3	Dự án Siemens MQTT trên Github <a href="https://github.com/ChristofGroschke/MQTT-Siemens-S7-1500">https://github.com/ChristofGroschke/MQTT-Siemens-S7-1500</a>
4	Diễn đàn Siemens <a href="https://support.industry.siemens.com/tf/us/en/posts/188465">https://support.industry.siemens.com/tf/us/en/posts/188465</a>

### Liên kết tải xuống các thư viện MQTT

Tên thư viện	Liên kết
LMqtt/LMqttQdn Publish Unsecure	<a href="https://support.industry.siemens.com/cs/document/109748872/mqtt-publisher-for-simatic-cpu?dti=0&amp;lc=en-US">https://support.industry.siemens.com/cs/document/109748872/mqtt-publisher-for-simatic-cpu?dti=0&amp;lc=en-US</a>
LMqtt/LMqttQdn Publish Secure	<a href="https://support.industry.siemens.com/cs/document/109748872/mqtt-publisher-for-simatic-cpu?dti=0&amp;lc=en-US">https://support.industry.siemens.com/cs/document/109748872/mqtt-publisher-for-simatic-cpu?dti=0&amp;lc=en-US</a>
MQTT_Client cho S7-1200 (V14)	<a href="https://drive.google.com/file/d/1tpuiSP9BH0Zi9_LBAoCVzJXYM-wfFy-Z/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1tpuiSP9BH0Zi9_LBAoCVzJXYM-wfFy-Z/view?usp=sharing</a>
MQTT_Client cho S7-1500 (V14)	<a href="https://drive.google.com/file/d/1UQXKKllqpQT0rvuLjDOta_58b5jjCL5a/vi-ew?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1UQXKKllqpQT0rvuLjDOta_58b5jjCL5a/vi-ew?usp=sharing</a>
MQTT_Client cho S7-1500 (V15)	<a href="https://drive.google.com/file/d/1MmxReffNp49IMnfJ3yquurydM4PJHzU0/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1MmxReffNp49IMnfJ3yquurydM4PJHzU0/view?usp=sharing</a>